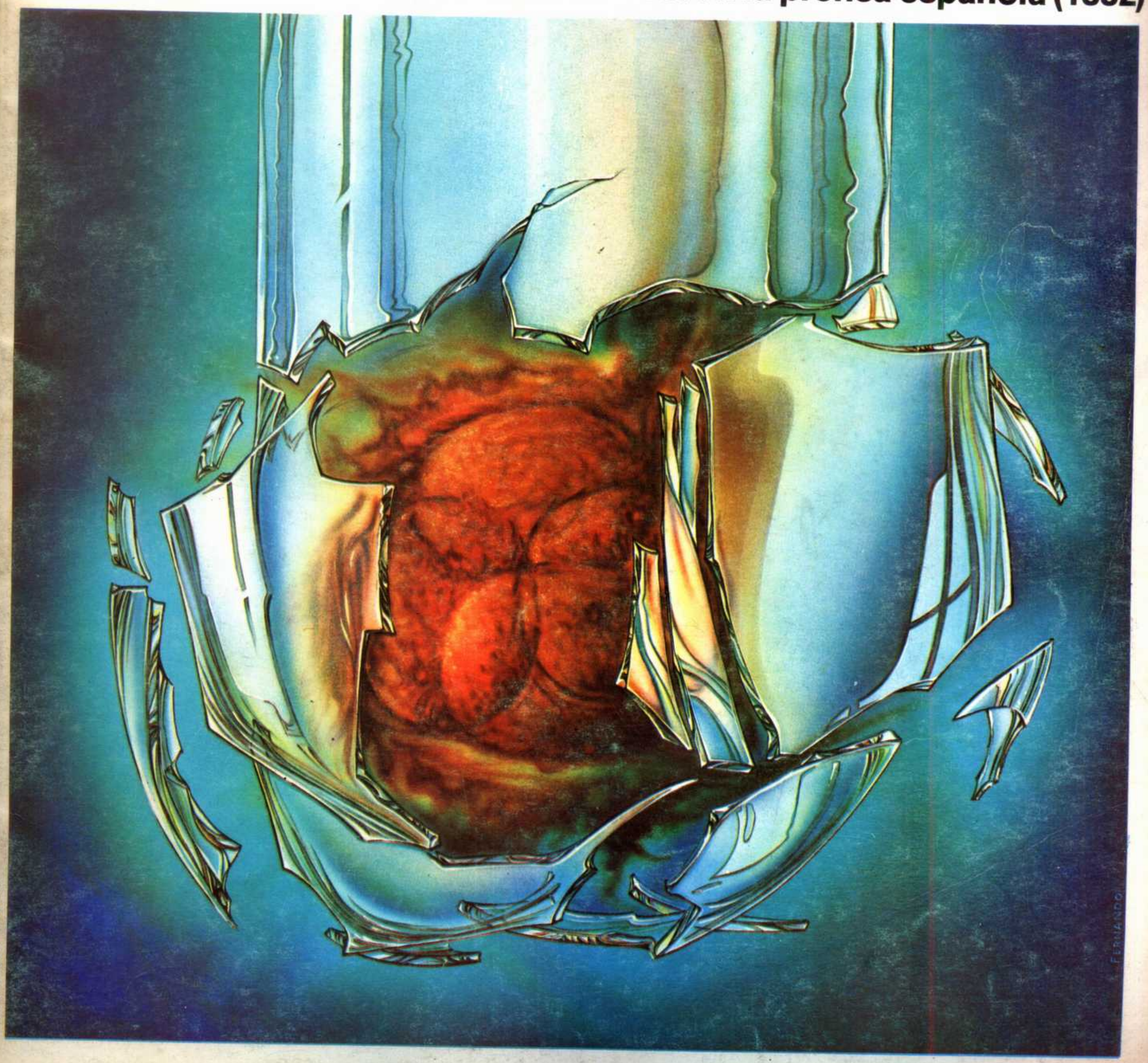
MUNDO CIENTIFICO

LA RECHERCHE, *versión en castellano*

DE EDITORIAL FONTALBA

Nº 13
MENSUAL
300 Ptas.

La fecundación del óvulo humano en la probeta
¿Es sexista la ciencia? • Los nuevos petróleos
Las telecomunicaciones ópticas
La muerte de Darwin en la prensa española (1882)



ISSN 0211-3058

Si a tu tele le falta juego...

...ATARI®

los tiene todos.

Ponle vida a tu televisión, dale alegría, ritmo, color.

Video juegos Atari, apasionantes, llenos de invasores y naves espaciales, con hoyos de golf, circuitos de carreras, tableros de ajedrez y muchas cosas más.

Atari te sumergirá en un mundo fantástico donde podrás poner en juego tu habilidad de una forma muy divertida.

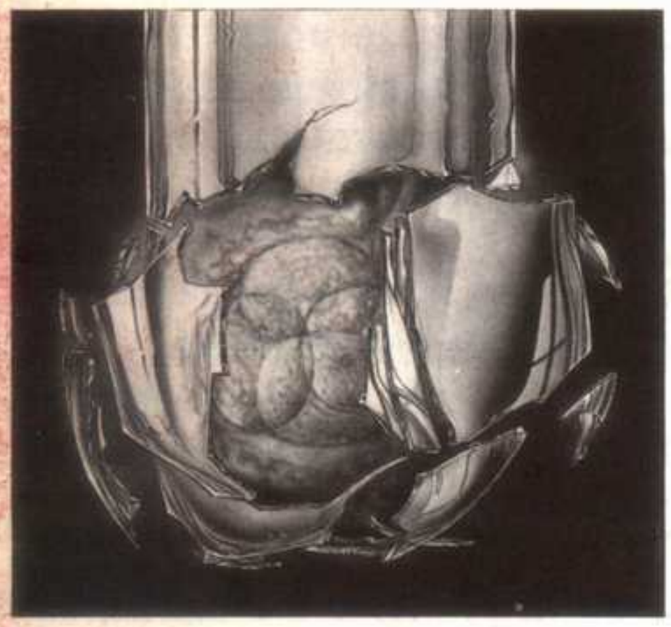
Atari, la más amplia gama en video juegos por computador.

ATARI® Video Juegos por computador.

Pronto Comecocos

MUNDO CIENTIFICO

LA RECHERCHE, *versión en castellano* Nº 13



Nuestra portada:

La fecundación «en probeta» es un método que ofrece a algunas mujeres estériles la posibilidad de tener un embarazo normal. El óvulo formado en el ovario y posteriormente fecundado en el laboratorio por el esperma del cónyuge, se vuelve a colocar tres días después en el útero materno. En ese momento, el embrión consta de cuatro a ocho células. Así pues, de los nueve meses de embarazo, el embrión pasa tres días fuera del cuerpo humano... y ésto es lo que se llama frecuente y abusivamente un «bebé probeta». Actualmente, hay varios niños que han sido concebidos de esta manera. ¿Se puede hablar de un auténtico progreso médico? ¿Cuál es el futuro de este método? ¿Están justificadas las inquietudes suscitadas por este procedimiento? En su artículo de la página 352, Jacques Testart intenta responder a estas preguntas.

(Ilustración de Fernando Cunhat, basada en una fotografía de J.-P. Ozil que representaba un embrión humano en el estadio de 4 células.)

352 **LA FECUNDACIÓN DEL ÓVULO HUMANO,** por Jacques Testart.
En 1978 nacía el primer ser humano concebido en una «probeta». Después lo siguieron otros quince. ¿Se puede hablar de un auténtico progreso médico? Los resultados más recientes permiten elaborar un primer balance científico.

366 **FRANÇOIS JACOB DOCTOR HONORIS CAUSA POR LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA**
— Discurso de F. Jacob en el acto de investidura.
— Nota biográfica.
— Reseña del último libro de F. Jacob: «Le jeu des possibles». (p. 457)

369 **LOS ANTICUERPOS ARMADOS,** por Pierre Casellas y Pierre Gros.
Las células cancerosas llevan en su superficie señales moleculares que les son específicas. La inserción de toxinas en los anticuerpos que reconocen éstas y sólo estas señales permite la destrucción de las células cancerosas.

372 **EL OZONO DE LA ATMÓSFERA,** por Christian Muller.
El ozono es un constituyente esencial de la atmósfera porque protege la vida terrestre de los rayos ultravioletas más nocivos. Durante mucho tiempo, los científicos han pensado que el ozono disminuía a causa de los aviones supersónicos y de la intrusión de determinados compuestos industriales. Después de diez años de intensas investigaciones, ¿cuáles son los conocimientos sobre el estado de este constituyente?

384 **EL VUELO DE LOS INSECTOS,** por John S. Pringle.
Numerosos insectos hacen ruido cuando vuelan porque baten sus alas con gran velocidad. Esta propiedad mecánica es única en el reino animal. ¿Cuándo apareció en el curso de la evolución? ¿Cuáles son sus fundamentos?

396 **LA MUERTE DE DARWIN EN LA PRENSA ESPAÑOLA (1882),** por Diego Núñez.
La muerte de Darwin en los periódicos de la época tuvo un gran eco, así lo demuestra la amplia antología de textos que ha recogido el autor en este artículo.

406 **LOS NUEVOS PETRÓLEOS,** por Bernard Tissot.
Las pizarras bituminosas, los aceites pesados y las arenas asfálticas que, como el petróleo, derivan de materias orgánicas fósiles, podrían compensar el desequilibrio entre oferta y demanda de energía en el año 2000.

415 **¿ES SEXISTA LA CIENCIA?,** por Pierre Thuillier.
Según el historiador B. Easlea, la ciencia moderna es «patriarcal»: exalta los valores «masculinos» (inteligencia, fuerza, etc.) en detrimento de los valores «femeninos».

420 **LAS SECRETARIAS ELECTRÓNICAS,** por Najah Naffah.
¿Cómo serán las oficinas del año 85? ¿Qué equipamientos tendrán? y ¿qué personal será necesario?

424 **UN ORIGEN PARA EL HOMBRE MODERNO,** por Richard Dreiman.
Los hombres que vivían en el Oriente medio entre 70 000 y 40 000 años atrás, ¿eran neandertales o bien hombres modernos? Recientes análisis sugieren una nueva interpretación de la evolución del hombre.

432 **LA VACUNACIÓN CONTRA EL PALUDISMO,** por Luiz Pereira da Silva.
La protección de la población contra el paludismo, gracias a la vacunación sistemática, ya es una realidad.

434 **COMO TRABAJA UN CIRCUITO INTEGRADO,** por Adrien Georges y Jean-Michel Fournier.
En un circuito integrado, formado por varios miles de componentes, parece absurdo intentar encontrar cuál es el que falla; y, sin embargo, se encuentra.

438 **LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS,** por Dan Ostrovsky.
En un futuro próximo, las conversaciones telefónicas y las imágenes de televisión se transmitirán por fibras ópticas. La utilización de estas conexiones ha estado precedida por veinte años de investigaciones en óptica y en electrónica.

449 **COLOQUIO NACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA,** por Carmina Virgili.
La comunidad científica francesa vive una intensa actividad de reflexión que ha culminado en el Coloquio Nacional que acaba de celebrarse.

427 **Informaciones y noticias**
449 **Ciencia y política**
454 **Libros**
458 **Publicaciones recibidas**
459 **Manifestaciones científicas**
461 **Sumario inglés**

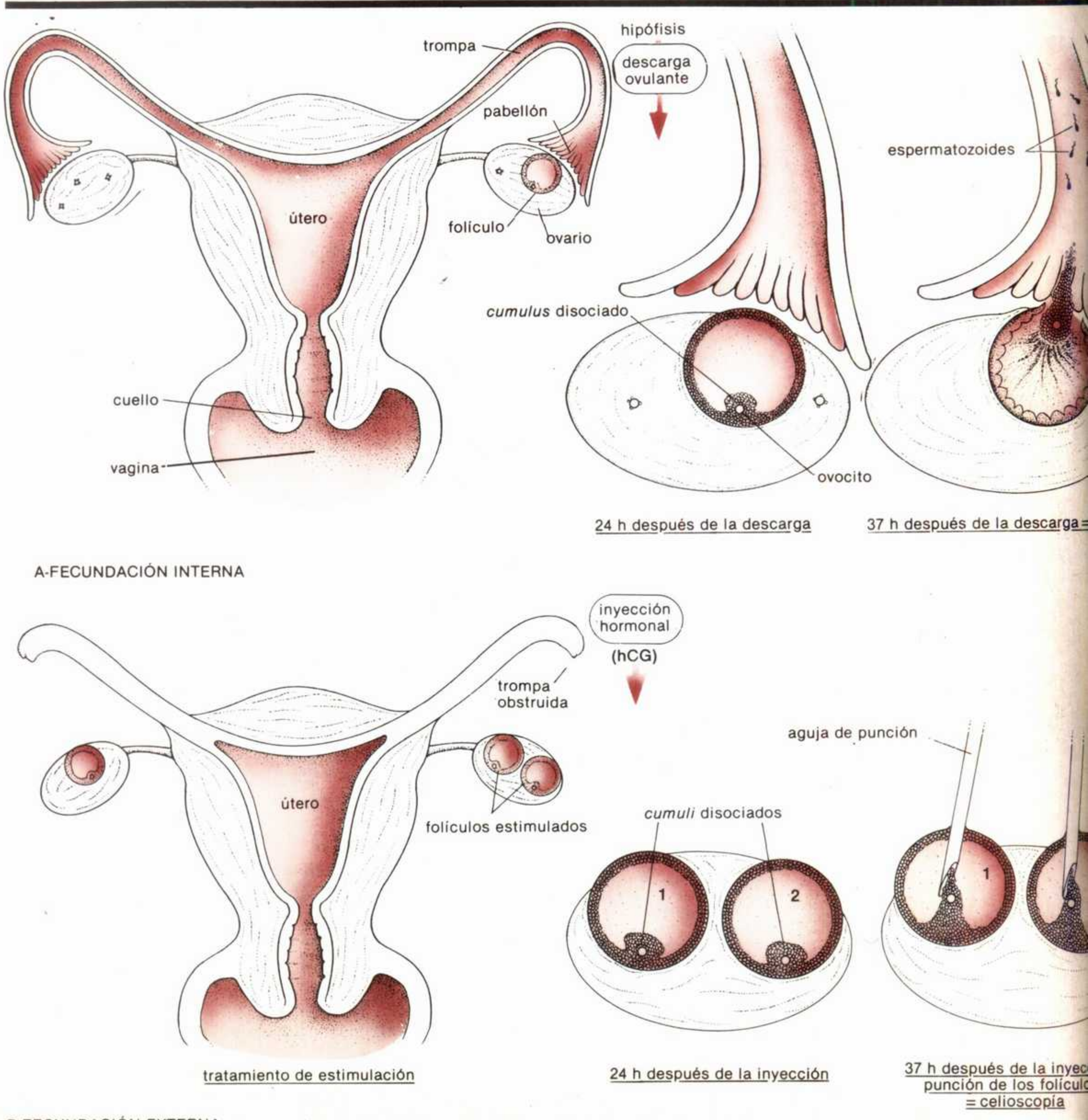
La fecundación externa del óvulo humano

por Jacques Testart

Jaques Testart es profesor en la universidad de París VII. Después de haber estudiado durante años la reproducción en los animales, trabaja desde hace tres años sobre la fecundación humana, *in vitro*, en colaboración con **Bruno Lassalle**, laborante, y el profesor **René Frydman**, médico. Estas investigaciones se efectúan en el hospital A. Béclère (Clamart), en el marco de la unidad del INSERM «Fisiología y psicología de la reproducción humana» dirigida por el profesor **Emile Papiernik**.

■ Extraer un óvulo del ovario de una mujer, fecundarlo con el esperma del marido, luego reimplantar el huevo tres días más tarde en el útero materno: método que ofrece a las mujeres víctimas de cierta forma de esterilidad la posibilidad de quedar embarazadas. Tres días en la probeta de los nueve meses que dura el embarazo; es lo que de forma abusiva se llama un «bebé probeta»...

■ Desde 1978, fecha del nacimiento del primer ser humano concebido en una probeta, han nacido unos quince en Inglaterra y Australia. Hoy, en Francia, al igual que en otros países se está a punto de lograrlo. ¿Puede hablarse de un verdadero progreso médico? ¿Cuál será el futuro de este método? ¿Están justificadas las inquietudes que tal procedimiento ha suscitado? Los últimos resultados obtenidos permiten hacer ahora un primer balance.



(1) R.G. Edwards, *Nature, 293,* 253, 1981.
(2) R.G. Edwards, P.C. Steptoe, J.M. Purdy, *Brit, J. Obstet. Gynaecol., 87,* 737, 1980.
(3) Mesa redonda intern. «Human conception *in vitro*», organizada por R.G. Edwards, sept. 1981, Bourn Hall, Cambridge, Gran Bretaña, Academic Press, 1982.

■ Hace cuatro años nacía en Inglaterra Louise Brown, el primer bebé fruto de una fecundación externa. Más de quince años de esfuerzos han sido necesarios al biólogo Robert Edwards, en colaboración con el ginecólogo Patrick Steptoe, para alcanzar este éxito espectacular, quince años que han transcurrido entre la incredulidad, por no decir la hostilidad general. En 1969, R. Edwards conseguía fecundar un óvulo humano en una «probeta» y en 1978 nacía el primer bebé.[1,2] Hacía falta probar entonces que el éxito era reproducible, para que fuera fundada la esperanza de conseguirlo en otros sitios y con frecuencia. El mismo equipo lo repitió en 1979, y un poco más tarde se logró en Australia, gracias al trabajo de Alex Lopata y luego al de Alan Trounson. Actualmente, son más de quince los niños así nacidos; varias decenas de embarazos cursan actualmente con éxito en Inglaterra, y otros tantos en Australia. Además de estos dos países pioneros, diferentes equipos de todo el mundo, especialmente en Austria, Estados Unidos, Suecia, Alemania y Dinamarca, parecen estar a punto de conseguirlo. En Francia, dos equipos han dado a conocer los resultados de sus trabajos con ocasión de varios congresos científicos, en particular en la última reunión organizada sobre este tema por Edwards en setiembre de 1981:[3] el grupo del Hospital A. Béclère (Clamart) y el equipo de Jaqueline Mandelbaum y Michèle Plachot, biólogos del INSERM (hospital Necker, París), que trabajan en colaboración

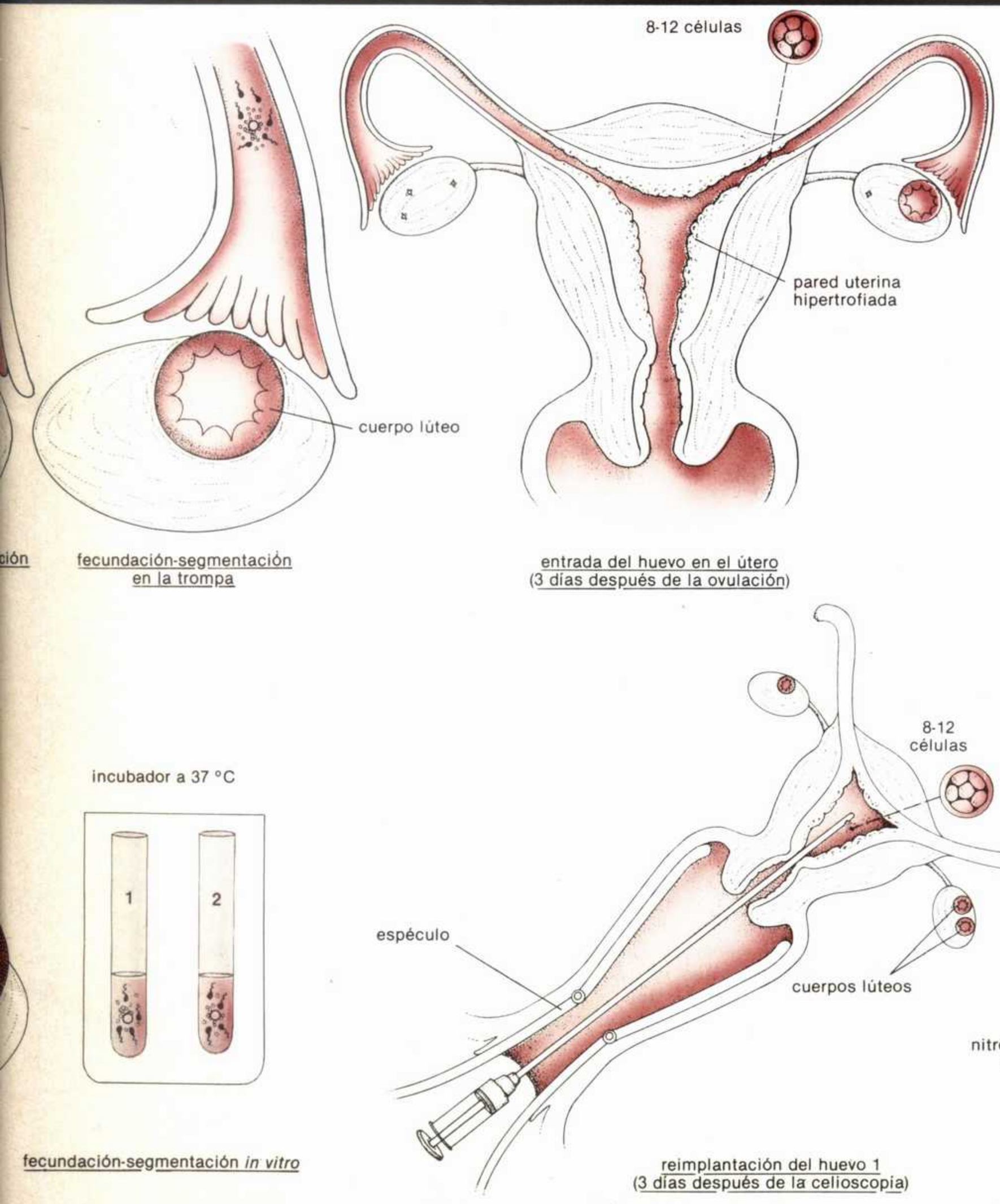


Figura 1. **La fecundación externa ofrece a las mujeres victimas de cierta forma de esterilidad la posibilidad de llevar a buen término un embarazo. Este esquema resume las principales etapas de una fecundación normal, es decir, que se desarrolla en el interior del organismo materno** (A) **y de una fecundación externa que permite «cortocircuitar» las trompas obstruidas** (B). **El huevo fecundado en el laboratorio se reimplanta luego en el útero materno. En total, la etapa «probeta» no dura más de cuatro días. Normalmente, la fecundación tiene lugar en la parte superior de las trompas** (A). **El huevo fecundado alcanza el útero a los tres días aproximadamente. La poderosa descarga de hormonas (LH y FSH) —llamada descarga ovulatoria— por la hipófisis, glándula situada en la base del cerebro, provoca la maduración del ovocito contenido en el folículo. Transcurridas de 37 a 40 horas el óvulo maduro será expulsado del folículo. Inmediatamente después de la ovulación, el folículo convertido en cuerpo lúteo secreta gran cantidad de progesterona, que prepara la pared uterina para que pueda acoger al huevo.**
Cuando las trompas están obstruidas o han sido suprimidas (B), **un tratamiento de estimulación hormonal permite que se desarrolle más de un folículo. Cuando éstos han madurado, se provoca la maduración de los ovocitos con una inyección de HCG que estimula la descarga ovulatoria natural. Se efectúa la punción del folículo por celioscopia, momentos antes de la ovulación; los óvulos colectados se llevan al laboratorio y se ponen en contacto con los espermatozoides preperados. El conjunto de fenómenos que se realizan normalmente en la trompa se llevan a cabo en un cultivo *in vitro*. Si en esta operación resultan fecundados varios huevos, uno o dos pueden reimplantarse en el útero dos o tres días después de mantenerlos en cultivo; los eventuales huevos suplementarios podrían congelarse, y si no se ha producido el embarazo, reimplantarlos *in utero* en ciclos sucesivos.**

La fecundación externa permite también a ciertos hombres recuperar la fertilidad.

con los médicos Jean Cohen y Jaques Salat.

Ciertamente, las tentativas efectuadas hasta hoy son muy numerosas —seguramente sobrepasan las 2000— y muchas parejas pueden pensar justamente que han pagado los platos rotos. El método que actualmente se utiliza ha requerido largos años de investigación y numerosos trabajos experimentales con animales para poner a punto los medios de cultivo y conocer mejor el proceso de la fecundación. Ahora puede iniciarse el análisis de los diferentes resultados internacionales, y es posible evaluar los límites, la frecuencia y el futuro de las gestaciones que así se produzcan. Siete de cada cien tentativas deberían conducir actualmente al nacimiento de un niño normal, resultado que será rápidamente incrementado con el mayor dominio de las técnicas y con la conservación en frío de los embriones: los tratamientos hormonales permiten hoy obtener simultáneamente varios óvulos fecundables; y la congelación de los embriones obtenidos en una sola intervención quirúrgica permitiría su posición en el útero en varios ciclos sucesivos hasta la obtención del embarazo. Pero veamos con más detalle de qué se trata.

Luchar contra la esterilidad

Como en todos los mamíferos, la fecundación humana se realiza normalmente en la trompa, canal que se inicia con el pabellón, inmediato al ovario y termina en el útero. En cada ciclo ovárico, un óvulo —un ovocito maduro— es liberado por uno de los dos ovarios y eventualmente fecundado en el tercio superior de la trompa. En ausencia de fecundación, el óvulo degenera y el ciclo acaba con la menstruación. Si tiene lugar la fecundación, el óvulo se transforma en un embrión o «huevo»; se desplaza por la trompa al tiempo que se subdivide en los tres primeros días y prosigue su desarrollo en el útero hasta el fin del embarazo (fig. 1).

Si como consecuencia de ablación quirúrgica, las dos trompas no existen, el óvulo se perderá en la cavidad abdominal. Si están obstruidas, como puede ocurrir después de una infección genital, los espermatozoides no podrán alcanzar el óvulo, y la fecundación no se producirá. En fin, si no están más que parcialmente obturadas, la fecundación puede eventualmente llevarse a cabo. Pero el huevo es una célula enorme (alrededor de 150 μm de diámetro, ó 0,15 mm) mientras que el espermatozoide es mucho más pequeño: su cabeza no mide más de 3 ó 4 μm. El huevo corre pues el riesgo, al contrario que los espermatozoides, de no poder atravesar la trompa y, bloqueado, implantarse en ella: es el embarazo extra-uterino, que no puede llegar a buen fin y que a veces se acompaña de graves complicaciones.

Se estima que por lo menos 3 % de las mujeres en edad de procrear no presentan la permeabilidad de las trompas requerida, como consecuencia bien de infecciones genitales (tuberculosis, abortos practicados en malas condiciones, etc.) bien de embarazos extrauterinos. La cirugía de las trompas permite recuperar la fertilidad aproximadamente en un 30 % de los casos, sin que sea previsible una mejora notable de estas técnicas en el futuro. La sustitución de la trompa, en particular, por un canal sintético no permite asegurar las complejas funciones del órgano, pues la trompa desempeña un papel importante en la progresión de los gametos (óvulo y espermatozoides), así como en la segregación del medio biológico necesario para que se realice la fecundación y el principio del desarrollo.

De dónde, que la mayor proporción de las mujeres que recurren a las técnicas de fecundación en «probeta» (o *in vitro*) sufren una esterilidad de origen tubario, pese a los intentos previos de cirugía reparativa. Pero las técnicas de fecundación *in vitro* conciernen también a los hombres. Un número importante, aunque desconocido, presentan en efecto una deficiencia más o menos grave de calidad del esperma (oligospermia). Esta deficiencia conduce con frecuencia a la esterilidad, sea porque la cantidad de espermatozoides que alcanzan el lugar de fecundación es insuficiente sea porque el poder fecundante de los mismos es débil. Ahora bien, *in vitro* se puede conseguir una fecundación con sólo algunas decenas de miles de espermatozoides (en una eyaculación normal hay unos 200 millones) puestos directamente en contacto con el óvulo. Esta argucia permitirá restituir la fertilidad masculina en muchos casos. Señalemos, por otra parte, que la esterilidad de una pareja resulta en muchos casos de ligeros defectos en la fertilidad de ambos cónyuges: tanto el uno como el otro podrían constituir seguramente una pareja fértil cambiando de cónyuge.

Cuando uno u otro (o los dos) miembro de la pareja presenta una de las formas de esterilidad antes definidas, rebeldes a los tratamientos convencionales, el deseo de un hijo, expresado por la pareja, no puede encontrar más solución que la adopción, la inseminación artificial con donante (esterilidad masculina) o la fecundación *in vitro*. No entraremos en discusiones sobre las motivaciones de la pareja que desea transmitir sus propios genes a sus hijos, al precio de evidentes peripecias. Recordemos solamente que la adopción presenta numerosas dificultades por doquier. De dónde que, aun cuando los resultados son todavía muy aleatorios, la fecundación *in vitro* sea algunas veces la última perspectiva de procreación que la medicina puede proponer (cuadros 1 y 2).

El primer nacimiento: un conejo

Al desarrollarse la fecundación normalmente en el interior del organismo femenino, su estudio detallado presenta ciertas dificultades. Ahora bien, un mayor conocimiento del complejo proceso de la fecundación y de los mecanismos fisiológicos que la acompañan son preámbulo indispensable para el éxito y el dominio de las técnicas de fecundación externa. Paradójicamente, son los experimentos de fecundación *in vitro* los que subyacen a la mayoría de los conocimientos actuales sobre la fecundación interna. Los primeros animales nacidos de una fecundación *in vitro*, seguida de la implantación del huevo en una hembra huésped fueron obtenidos en el conejo, prácticamente de modo simultáneo en 1959-1960 por M.C. Chang en los Estados Unidos y Charles Thibault en Francia, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrónomas. Desde hace veinte años, el método ha ido extendiéndose a otras especies animales. Ratones, hámsteres, ratas, cobayos, han nacido de este modo. Pero no ha podido ser hasta hace muy poco, en 1981, el nacimiento del primer ternero fruto de una fecundación *in vitro*, método que a menudo se confunde con la reimplantación en el útero de una hembra de un embrión sacado del útero de otra hembra. Es este último procedimiento el que se utiliza corrientemente con los bovinos para la selección genética y que permite la producción controlada de más de 20 000 terneros por año.

Volviendo a la fecundación, las investigaciones que se vienen realizando desde hace más de veinte años han permitido comprender que no puede haber fecundación sin una preparación previa del óvulo y del espermatozoide. A la salida de las vías genitales del macho, los espermatozoides no tienen poder de fecundación. De igual modo, el ovocito debe sufrir una maduración para hacerse fecundable.

La preparación del espermatozoide...

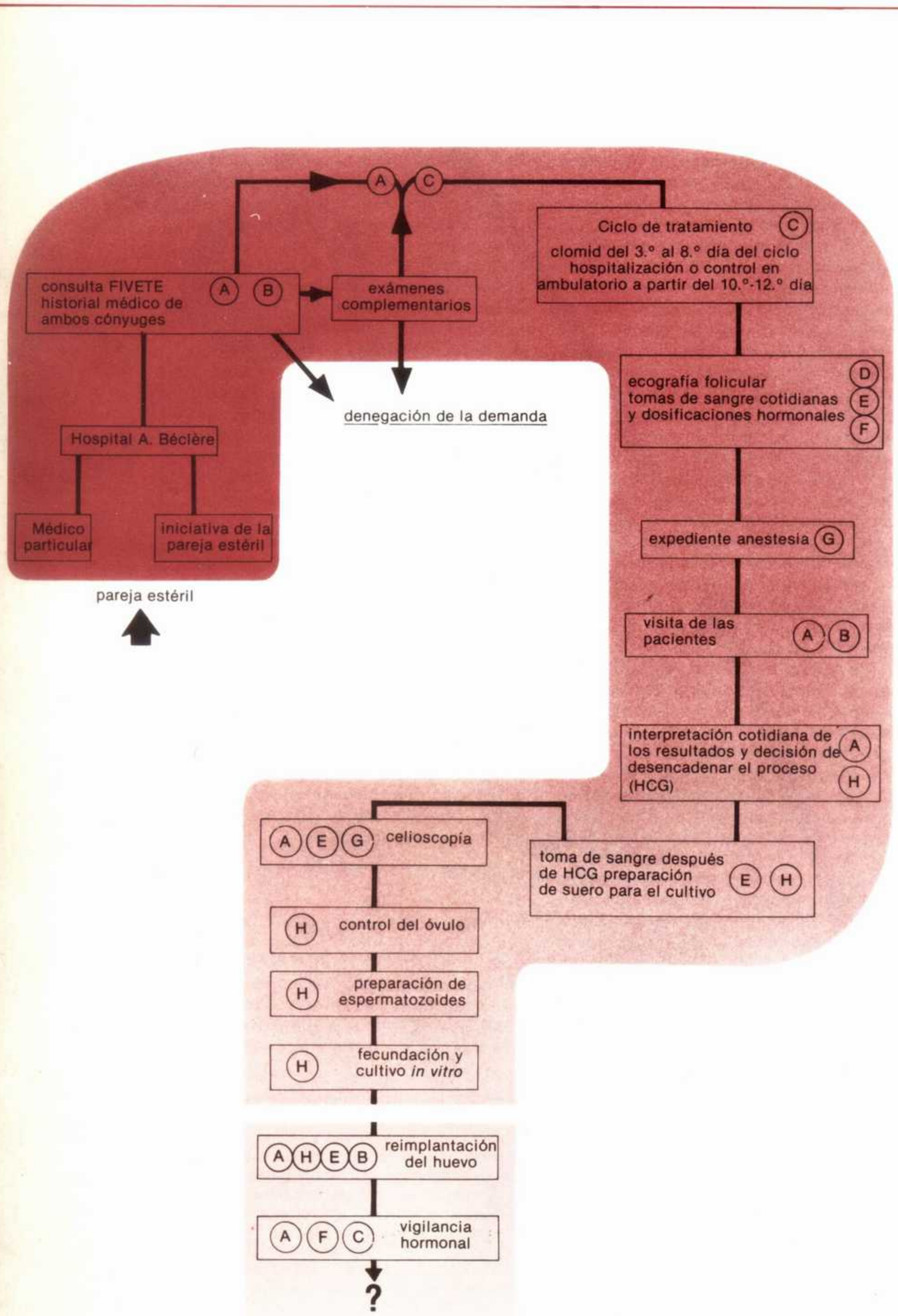
Las últimas transformaciones que sufren los espermatozoides se producen en las vías genitales femeninas: es el proceso de capacitación que, según parece, corresponde a la desestabilización de la membrana plasmática que los envuelve. Pero, tratándose de una transformación invisible, incluso recurriendo a las más refinadas observaciones (microscopia electrónica), la

1. El programa FIVETE

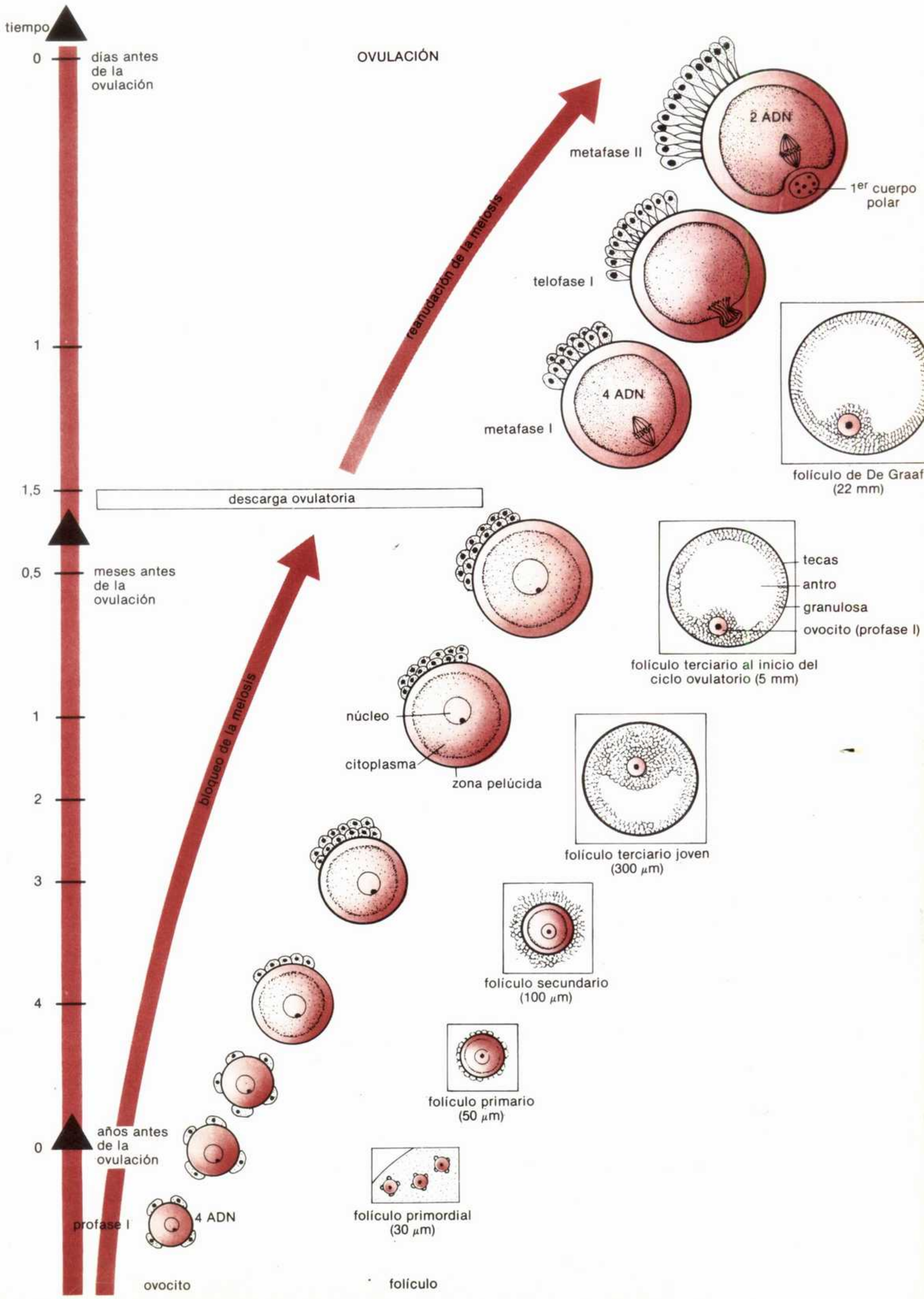
■ Una estrecha colaboración entre muchas personas es necesaria para llevar a buen fin cada tentativa del programa FIVETE (Fécondation *in vitro* et Transplantation Embryonaire). El cirujano (A), secundado por médicos del hospital, visita a las parejas estériles y determina los casos que justifican una tentativa de FIVETE. Decide, teniendo en cuenta los análisis cotidianos, el tipo de ciclo de tratamiento y realiza la intervención para recoger el óvulo maduro (celioscopía). Asegura también el remplazamiento en el útero del huevo fecundado y la vigilancia de un posible embarazo. La secretaria médica (C) organiza la casuística y convoca a las pacientes para hospitalizarlas en función de las fechas de las reglas, que han sido comunicadas por teléfono. Desde el momento de la hospitalización, el servicio de ecografía (D) sigue la evolución del folículo efectuando análisis por ultrasonidos cada dos días (ecografía). Este control da el tamaño del o de los folículos, que es confrontado con su actividad secretora indicada por la dosificación de estradiol. Este análisis se realiza en la Fondation de Recherche en Hormonologie (F), única intervención exterior al servicio. Cuando se toma la decisión de desencadenar el proceso de la ovulación, la dosificación rápida de LH (F) permite verificar que este proceso no se había iniciado naturalmente, antes incluso de la inyección de HCG.

El servicio de anestesia (G) interviene en la preparación y desarrollo de la celioscopía. Las enfermeras (E) realizan las tomas de sangre a horas precisas y cuidan a las pacientes. También se asegura una ayuda psicológica (B) (véase cuadro 2). El laboratorio de biología participa en la discusión de los datos fisiológicos con los médicos y cuida de toda la fase *in vitro*, hasta la reimplantación del embrión en el útero. Es efectivamente el laboratorio de biología el núcleo principal del equipo que realiza un FIVETE. Debe contar con personal muy preparado gracias a experiencias previas con animales; de ahí que en el transcurso del reciente congreso de Berlín, Edwards pidiera a los médicos que tuvieran cuidado con la atracción que ejerce este método todavía espectacular.

Esta colaboración estrecha entre tantos especialistas exige una organización adecuada, tanto para atender al cumplimiento de los métodos clínicos y de las modificaciones que introducen los casos particulares como, simplemente, a la evolución de los conocimientos. El conjunto de los gastos totales ocasionados (hospitalización, análisis, cirugía) son sufragados (en Francia) por la Seguridad Social. Se estima que el costo total de cada tentativa es ligeramente superior a los 5 000 francos, parecido al de una apendicectomía. La incidencia del material de laboratorio en el costo es menor del 10 %; sin embargo, sobrepasa el modesto presupuesto de investigación otorgado al laboratorio, y el programa sólo puede continuar gracias a las ayudas exteriores (subvenciones de investigación, donaciones privadas).



Paradójicamente, a la mayoría de los conocimientos sobre la fecundación interna subyacen los experimentos de fecundación externa realizados con animales.



realidad de este fenómeno no ha podido demostrarse más que por la existencia de un intervalo entre el encuentro de los gametos masculinos y femeninos, *in vivo* o *in vitro,* y el inicio de la fecundación; este intervalo de tiempo disminuye progresivamente cuando los espermatozoides han sido previamente incubados en un medio biológico adecuado, útero o medio de cultivo, según el caso. La capacitación no se alcanza si no se cumplen sucesivamente dos condiciones, en primer lugar el gameto debe salir del plasma seminal, líquido vector con el que constituye el esperma; en las vías genitales femeninas, la eliminación del plasma seminal se efectúa durante el paso por el cuello uterino: las células muertas y el resto del esperma quedan retenidos por el moco cervical que secreta el cuello. Luego el espermatozoide debe entrar en contacto con unas proteínas particulares, condición que culmina en su peregrinación entre las secreciones del útero y de las trompas. Los espermatozoides así capacitados sufrirán a continuación una modificación estructural fundamental al acercarse o al entrar en contacto con el óvulo: es la reacción acrosómica. Ésta consiste en la eliminación de la doble membrana que envuelve al acrosoma, especie de saco con enzimas situado en el extremo de la cabeza del espermatozoide. Los enzimas que son liberados de este modo por el acrosoma, permiten al gameto masculino destruir localmente las envolturas del óvulo y penetrar en el interior del gameto femenino.

... y la del óvulo

Poco tiempo antes de la ovulación, el ovocito sufre transformaciones tan esenciales para la fecundación como las del espermatozoide.(4) Al nacimiento, el ovario contiene un número definitivo de ovocitos, elaborados en el transcurso de la vida embrionaria. Cada ovocito está rodeado de algunas células, y el conjunto forma lo que se llama un folículo primordial (fig. 2). Ya en la vida embrionaria, empiezan a salir de dicha reserva folículos primordiales que inician el crecimiento, el cual hasta que no se alcanza la pubertad, sólo puede conducir a su degeneración. Después de la pubertad, la mayoría de los folículos en crecimiento degeneran igualmente. Uno sólo entre centenares alcanzará, algunos meses más tarde, el estado de maduración que precede a la ovulación (folículo de De Graaf). Este crecimiento afecta a la vez al folículo y a su ovocito. El crecimiento del ovocito, cuyo diámetro pasa de 30 μm a 150 μm aproximadamente, corresponde a la acumulación de reservas que servirán después de la fecundación para asegurar los dos o tres primeros días del desarrollo embrionario. El ovocito se rodea progresivamente de una masa de células foliculares, el *cumulus oophorus,* y de una envoltura, la zona pelúcida (constituida por mucopolisacáridos). Ambos anexos acompañarán al ovocito cuando sea expulsado del folículo en la ovulación.

En cuanto al crecimiento del folículo, en primer lugar se debe a la multiplicación de las células foliculares. Progresivamente, estas células se apoyan sobre la pared que delimita el folículo, formando una cavidad o antro que se llena de un líquido rico en hormonas —principalmente estradiol— secretadas por el mismo folículo. Esta estructura caracteriza al folículo de De Graaf que, en el momento de la ovulación, mide unos 22 mm; la parte esencial de la masa folicular está constituida por el antro, que contiene unos 5 ml de secreción líquida.

Al culminar un mecanismo todavía mal conocido que implica el paso al torrente sanguíneo de cantidades elevadas de estradiol, la hipófisis, situada en la base del cerebro, responde con una poderosa descarga de hormonas llamadas gonadotropinas (luteinizante o LH y foliculoestimulante o FSH). Esta descarga modificará profundamente el folículo maduro y el ovocito que contiene;(4,5) se produce hacia el decimotercer día del ciclo y unas 37-40 horas antes de la ovulación.(6)

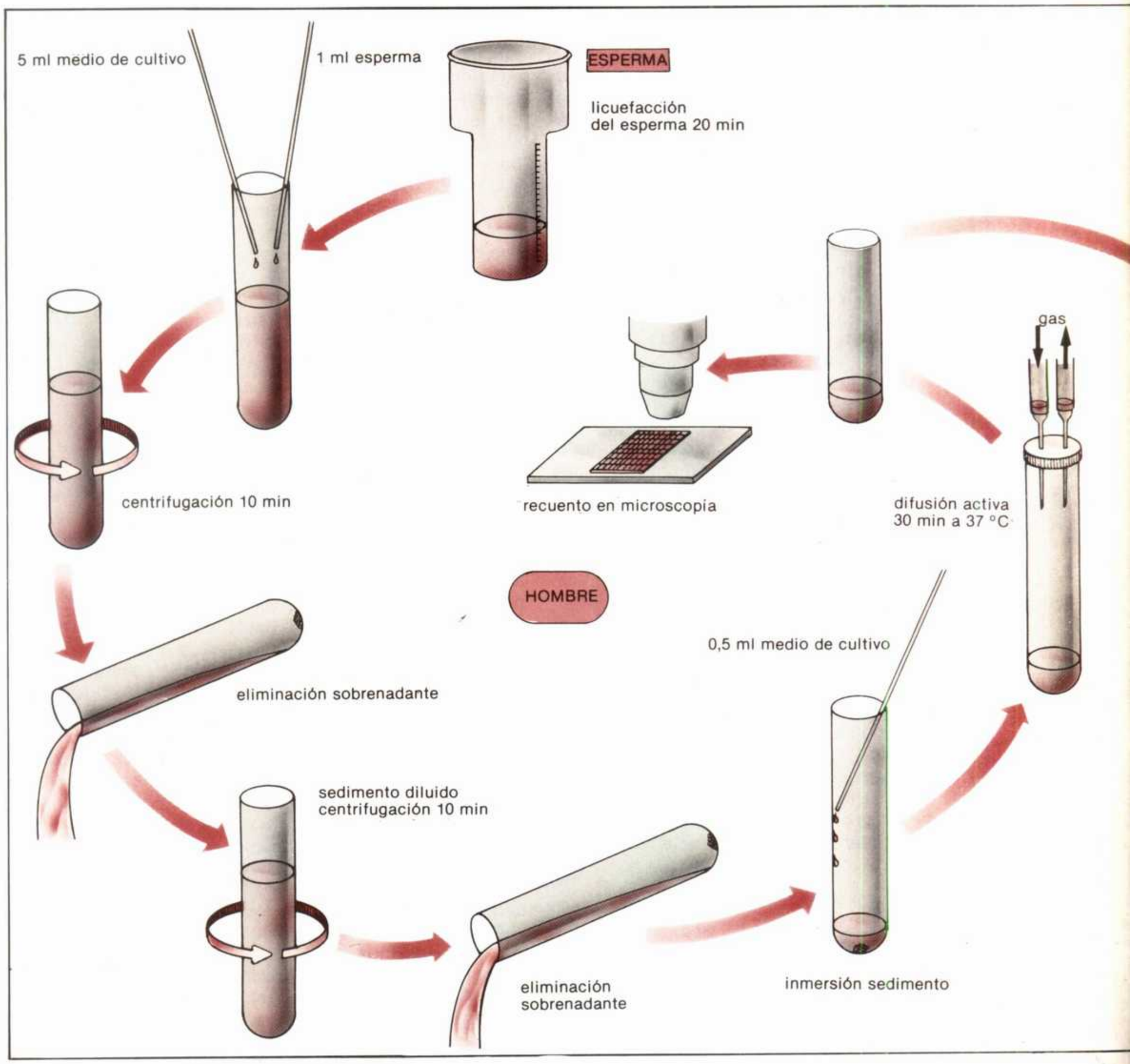
Bajo el efecto de la descarga ovulatoria, las células del *cumulus oophorus* se disocian secretando un cemento intercelular viscoso. Las células de la capa más interna del *cumulus,* (la *corona radiata*) permanecen alrededor del ovocito. Pero retrayéndose de tal modo que los finos contactos citoplasmáticos con el ovocito acaban rompiéndose.

El ovocito se encuentra así como aislado en el seno del folículo. En esta situación, el núcleo del ovocito es sede de particulares fenómenos. Hay que saber que antes de la fecundación, el óvulo, al igual que el espermatozoide, posee la mitad del efectivo total de cromosomas, de modo que los dos gametos puedan reconstruir un huevo que contenga el número de cromosomas característicos de la especie. Simplificando, se dice que cada gameto contiene n cromosomas de la especie, mientras que el huevo y todas las células del individuo contienen 2n cromosomas, estando cada uno de ellos representado dos veces (2n = 46 en la especie humana). En el curso de la formación de los gametos, debe haber pues obligatoriamente una reducción del número de cromosomas, la cual se efectúa gracias a un mecanismo complejo de división celular llamado meiosis. En el ovocito, la meiosis empieza en la vida embrionaria pero cesa rápidamente. Paradójicamente, aquélla conduce a doblar la cantidad de material cromosómico (ADN), puesto que un ovocito en reposo, es decir antes de su maduración final, contiene el ADN necesario para constituir 4n cromosomas. El ovocito se mantiene así en estado inmaduro durante las decenas de años que preceden a la ovulación, estado que está asegurado por un inhibidor de origen folicular. Al romperse las uniones entre el

Figura 2. **Esta ilustración describe la historia de un ovocito desde que se forma en el embrión hasta el momento en que es expulsado del ovario en la ovulación. Primero, rodeado de unas pocas células aplanadas con las que constituye el folículo primordial (30 μm), el ovocito joven contiene un gran núcleo; en el interior de éste, el material hereditario (ADN) es doble (ADN × 4) que el contenido en una célula normal (ADN × 2). El proceso de división de este material, o meiosis, está detenido en el estado de profase de la primera división. No se producirá evolución alguna del folículo primordial ni del ovocito que contiene hasta unos meses antes de la ovulación. No es hasta varios meses antes de ésta cuando el folículo primordial se transforma en folículo primario, el cual posee una hilera de células cuboidales. Estas células se multiplican (folículo secundario) y aparece una cavidad en su interior (folículo terciario), dos meses antes de la ovulación. [A. Gougeon (1981) ha estudiado precisamente la cinética de crecimiento del folículo terciario hasta la ovulación.]**
Al principio del ciclo ovulatorio, el folículo mide aproximadamente 4 mm. Está formado por una amplia cavidad (antro) delimitada por la granulosa (más de un millón de células foliculares), que reposa en la pared del folículo (teca interna y externa). Una masa celular *(cumulus oophorus)* encierra al ovocito; éste ha aumentado de tamaño (100 a 120 μm de diámetro) y está rodeado de una capa celular (la zona pelúcida), pero su núcleo sigue en el mismo estadio meiótico que en el embrión.
En el transcurso de las dos últimas semanas, el folículo se agranda hasta sobrepasar 2 cm, esencialmente debido al aumento de talla del antro. Secreta entonces importantes cantidades de hormonas (sobre todo estradiol) que atraviesan la pared folicular, pasan al torrente sanguíneo y van a provocar la descarga ovulatoria de las gonadotropinas por la hipófisis. Sólo después de esta descarga se reinicia en el ovocito la meiosis: el núcleo se rompe y la mitad del ADN es expulsado en el primer cuerpo polar al fin de la primera división meiótica. Luego los cromosomas restantes (ADN × 2) se organizan en metafase de la segunda división meiótica. Simultáneamente a este fenómeno de «maduración nuclear» se producen determinadas síntesis en el citoplasma; éstas señalan la «maduración citoplasmática»(4) que permitirá la transformación de la cabeza del espermatozoide en el pronúcleo masculino. El término de la maduración caracteriza el ovocito maduro, u óvulo, y aquélla se alcanza unas 33-34 horas después del inicio de la descarga ovulatoria. La ovulación ocurre en las tres a seis horas siguientes.

(4) C. Thibault, *J. Reprod. Fert., 51,* 1, 1977.
(5) C. Thibault, M. Gerard, *C. R. Acad. Sci. Paris, 270,* 2025, 1970.
(6) J. Testart, R. Frydman, M.C. Feinstein, A. Thebault, M. Roger y R. Scholler, *Fertil. Steril., 36.* 50, 1981.

Uno de los mayores obstáculos es obtener espermatozoides fecundantes y óvulos fecundables.



ovocito y la *corona radiata,* este inhibidor deja de ser eficaz,(7) con lo que la meiosis se reactiva antes de la ovulación, más precisamente, veinticuatro horas aproximadamente después de la descarga ovulatoria. Unas diez horas más tarde, la mitad del ADN, en forma de cromosomas, es eliminado con un poco de citoplasma, constituyendo el primer cuerpo polar que se desprende del óvulo y se sitúa bajo la zona pelúcida. A continuación es eliminado un segundo cuerpo polar con la mitad de las moléculas de ADN que quedaban, fenómeno que ocurre solamente cuando el espermatozoide fecundante penetra en el óvulo.

La ovulación se inicia en las horas que siguen a la emisión del primer corpúsculo polar, que corresponde con la rotura del folículo, que se produce localmente bajo la influencia de múltiples factores (particularmente las prostaglandinas) y que lleva a la liberación del óvulo envuelto por el *cumulus,* formando un conjunto que mide entonces varios milímetros. Arrastrado por el líquido del antro (2 a 8 ml), la masa óvulo-*cumulus* alcanza la ampolla de la trompa donde la fecundación podrá realizarse. En el ovario, el folículo roto se transforma en el cuerpo lúteo, que, gracias a la hormona que segrega muy pronto (la progesterona), asegurará la preparación del útero para acoger eventualmente al embrión. Si el óvulo no es fecundado, el cuerpo lúteo cesa su actividad unos doce días después: es el fin del ciclo, que se acompaña de la menstruación.

Las primeras divisiones del huevo.

Así, el espermatozoide ha adquirido su poder fecundante en las vías genitales femeninas y el óvulo se ha hecho fecundable después de madurar en el interior del folículo. A partir de ahora la fecundación puede realizarse. No es imposible, sin embargo, que el óvulo o las células que lo rodean deban sufrir una postmaduración después de la ovulación, como parece indicarlo el intervalo observado *in vitro* entre el momento del contacto entre los gametos «maduros» y el inicio de la fecundación. Sin querer entrar en detalles del mecanismo de la fecundación, que ya ha sido tratado en un artículo aparecido anteriormente (véase el artículo de Charles Thibault, *La Recherche,* nº 67, p. 411, mayo 1976),

(7) W.D. Foote y C. Thibault, *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.,* 9, 329, 1969.

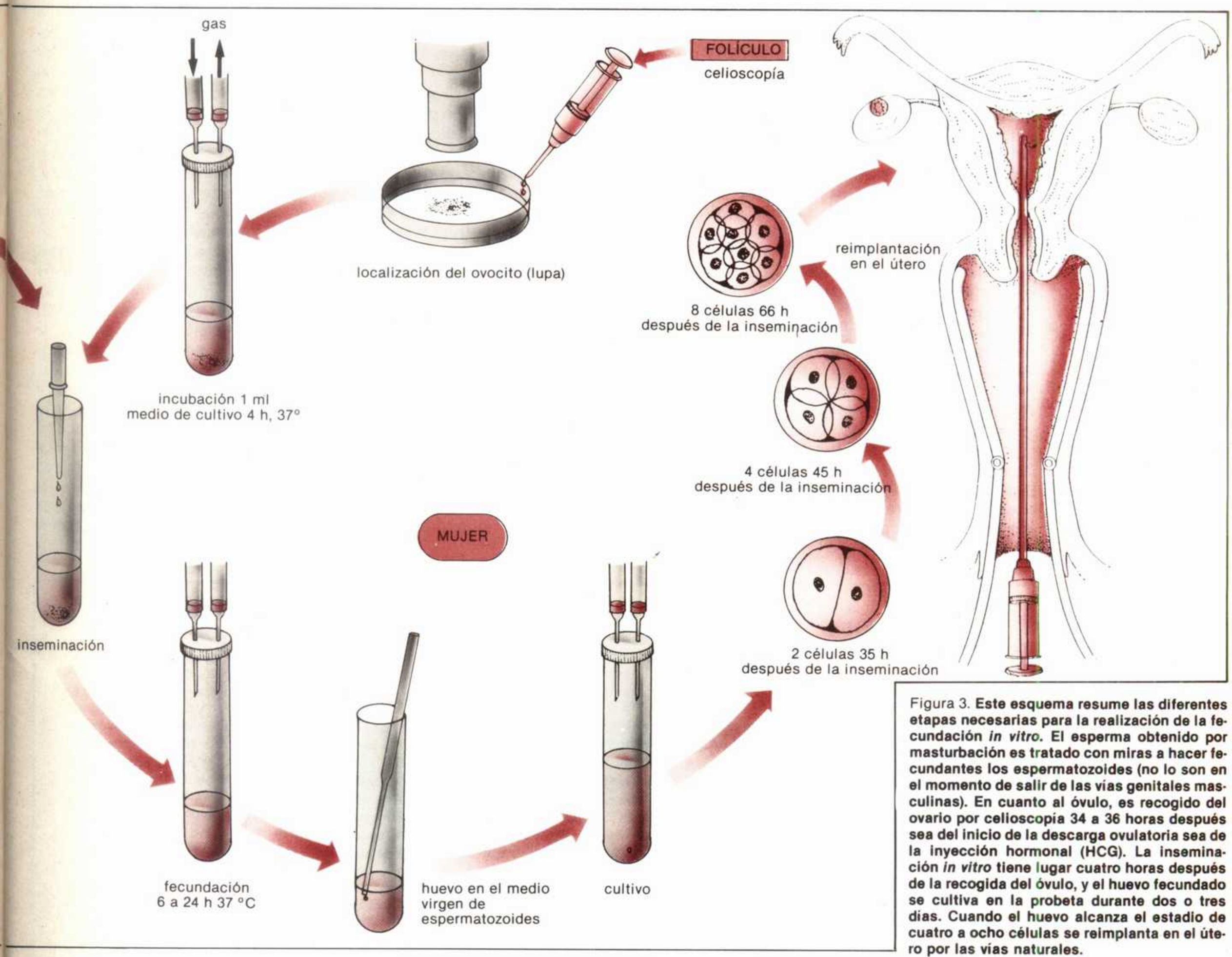


Figura 3. **Este esquema resume las diferentes etapas necesarias para la realización de la fecundación *in vitro*. El esperma obtenido por masturbación es tratado con miras a hacer fecundantes los espermatozoides (no lo son en el momento de salir de las vías genitales masculinas). En cuanto al óvulo, es recogido del ovario por celioscopia 34 a 36 horas después sea del inicio de la descarga ovulatoria sea de la inyección hormonal (HCG). La inseminación *in vitro* tiene lugar cuatro horas después de la recogida del óvulo, y el huevo fecundado se cultiva en la probeta durante dos o tres dias. Cuando el huevo alcanza el estadio de cuatro a ocho células se reimplanta en el útero por las vías naturales.**

recordemos sus principales etapas. Gracias a los enzimas que libera en la reacción acrosómica, el espermatozoide humano se dirige hacia el interior del *cumulus*, luego perfora la zona pelúcida y penetra completamente en el gameto femenino. Pero solamente la cabeza del espermatozoide, que contiene el núcleo y en consecuencia los cromosomas, evolucionará; el resto —flagelo y parte intermedia— degeneran. Esta penetración provoca la reactivación de la meiosis, bloqueada desde la ovulación, y la emisión del segundo cuerpo polar. Al mismo tiempo se constituye una barrera que impide la penetración de otros espermatozoides. Esta barrera es consecuencia de la liberación, fuera del citoplasma del huevo, de enzimas contenidos en unas vesículas (gránulos corticales). En la especie humana, como en la mayoría de los mamíferos, esta barrera se forma a nivel de la zona pelúcida, y tan eficazmente que normalmente no se encuentran nunca espermatozoides en exceso en el óvulo, ni siquiera en la zona pelúcida.

Profundas modificaciones sufren entonces el óvulo y el espermatozoide; este último aumenta de tamaño para constituir un gran núcleo, el pronúcleo masculino (que contiene los n cromosomas paternos), mientras que los n cromosomas maternos se rodean de una membrana para formar el otro núcleo, o pronúcleo femenino. Ambos se desplazan hacia el centro del huevo, acercándose hasta que sus membranas desaparecen y poco después los cromosomas maternos y paternos se mezclan: la división del huevo en dos células hijas empieza inmediatamente; cada célula hija (o blastómero) tendrá exactamente los mismos cromosomas (2n) gracias a la duplicación sobrevenida antes de la división.

Las dificultades de la fecundación externa

Consideremos ahora la fecundación fuera de su medio natural (fig. 4). Teniendo en cuenta lo que se ha dicho precedentemente, uno de los obstáculos con que topan los investigadores es la obtención de espermatozoides fecundantes y de óvulos fecundables.

El esperma se obtiene por masturbación y se recoge en un recipiente estéril. Transcurridos de quince a treinta minu-

Para paliar ciertas dificultades se recurre a tratamientos hormonales.

tos, necesarios para obtener su licuefacción, de 1 a 2 ml son tratados con el fin de imitar al máximo las condiciones naturales. Primero se procede a la eliminación del plasma seminal por dilución y centrifugación (fig. 3). Luego se procede a una selección mínima de los espermatozoides según el procedimiento siguiente: al sedimento obtenido después de la centrifugación se le añade un medio de cultivo artificial que contiene proteínas de gran tamaño (albúmina o suero sanguíneo), que se sabe necesarias para la capacitación de los espermatozoides; alrededor de treinta minutos más tarde, son seleccionados los espermatozoides que se han escapado del fondo y han emigrado hacia la superficie, pues son los más activos. Según diversas observaciones, se estima que una parte del proceso de capacitación se ha efectuado durante estas manipulaciones. No se tiene todavía la prueba de que, en la especie humana, la capacitación del espermatozoide sea una condición previa necesaria a la reacción acrosómica. Se ha mostrado, en efecto, que la capacitación del espermatozoide humano, si existe, es muy rápida, puesto que el óvulo puede ser penetrado solamente dos horas y media después de la incubación con espermatozoides recién eyaculados. En general, más de 200 000 espermatozoides con buena movilidad se recogen en sólo 50 μl del sobrenadante preparado de este modo. Esta cantidad es suficiente para preparar 1 ml de medio fecundante. En el caso de oligospermia, se trata la totalidad del esperma y eventualmente se añade un mayor volumen de la preparación obtenida en el medio fecundante.

En cuanto al óvulo, se extrae del folículo una vez que la maduración ha terminado, es decir, justo antes de la ovulación. Debemos ser capaces, pues, de prever el momento de su captación. El recurso a tomas de sangre repetidas ha permitido establecer con una precisión hasta ahora desconocida los niveles hormonales durante el período preovulatorio. Estas informaciones, recientes, corresponden tanto a las hormonas secretadas por el folículo maduro como a las gonadotropinas secretadas por la hipófisis. De este modo, nos ha sido posible demostrar que la ruptura folicular u ovulación ocurre 37 horas después del inicio de la descarga ovulatoria[6] y en un momento del día que varía según la estación: casi siempre al final de la tarde durante todo el año, pero con frecuencia al amanecer en la primavera. Los resultados de estas dosificaciones pueden conocerse ahora rápidamente gracias a técnicas apropiadas y, en Francia, puestas a punto en la Fondation de Recherche en Hormonologie (FRH, Fresnes). El inicio de la descarga ovulatoria puede detectarse ahora con la máxima precisión, para extraer el óvulo unas treinta y cuatro horas después, es decir, justo antes de la ovulación. La extracción del óvulo se realiza en el transcurso de una celioscopía bajo anestesia general: una larga aguja es guiada por un aparato óptico introducido en la cavidad abdominal y que permite el examen del ovario; el contenido folicular es aspirado por la aguja, que tiene un diámetro suficiente (1,4 mm)

2. El enfoque psicológico

■ El enfoque psicológico de la fecundación *in vitro* responde a un doble objetivo, terapéutico y de investigación. Después de recorrer un largo camino medicoquirúrgico, las parejas estériles acuden a probar un nuevo método: se trata con frecuencia del periplo hacia la esperanza última, la expectativa y a veces la decepción. Entendemos que es importante acompañarles, y si es preciso darles el apoyo que piden. El equipo médico y el del laboratorio se ven confrontados con situaciones angustiosas sin estar necesariamente preparados para afrontarlas. Intentamos captar la naturaleza y las motivaciones de esta medicina con aires de «ciencia-ficción», en este campo tan particular que es la reproducción: ¿se trata de satisfacer un auténtico deseo de tener un hijo o sólo de quedar encinta?; ¿se trata de participar en una aventura científica «precursora», de conseguir aquello que los otros no pueden? ¿Quién será el padre de este niño milagro? ¿El padre legal? ¿El médico o una técnica deshumanizada y todopoderosa? Estas cuestiones de modo particular son las que motivan nuestro esfuerzo de investigación.

A modo de ilustración de lo que acabamos de decir citaremos algunos ejemplos clínicos. Al acabar la primera entrevista, donde se precisan las indicaciones (o contraindicaciones) de la intervención terapéutica, dándose las explicaciones del modo más preciso posible, se establece un balance global. La consulta se completa con un examen clínico, de modo particular una histerometría (medida de la cavidad uterina), con el fin de asegurar la reimplantación eventual del huevo. En la primera visita de la señora X... el médico da en voz alta el resultado de la histerometría: «nueve» (cm) y la paciente exclama «¡un huevo!» —dejando sorprendido, por su exclamación, a todo el equipo médico—. Efectivamente, la inesperada expresión del deseo de la paciente altera la rutina de la consulta médica. En la consulta los pacientes enmascaran por lo común sus sentimientos (angustia) por medio de un síntoma, que es aceptado por el médico y sirve en el mejor de los casos como introducción a la futura relación, aunque algunas veces se convierta en la base de ésta. ¿Y qué ocurre con este deseo de tener un hijo? Cuando se conoce la ambivalencia de los embarazos «normales», podemos preguntarnos en qué se transforma en el transcurso de esta peregrinación en busca de la maternidad.

Algunas peticiones parecen poco conflictivas: vemos con relativa frecuencia mujeres que tienen uno o varios hijos, de un primer matrimonio, y que presentando una esterilidad secundaria, accidental o más frecuentemente voluntaria (ligatura de las trompas), ecuden a la fecundación *in vitro* para «materializar» un nuevo matrimonio. Estas peticiones, aparentemente claras y precisas, que se inscriben en una realidad objetiva, suscitan pocas angustias en el equipo médico; la relación es frecuentemente fácil.

Pero algunas veces las peticiones son más ambiguas; la historia de la señora Z lo ilustra: el marido de esta señora sufre a los tres meses de casados unas paperas, cuya consecuencia es una azoospermia. Se quieren y esta esterilidad no pone en peligro el matrimonio; al contrario, consolida la relación, que se va organizando con múltiples intereses sin que la señora Z sienta de modo dramático la falta de hijos. Después de siete años de matrimonio se realiza un nuevo espermatograma, y es normal. La pareja se inquieta entonces por la ausencia de embarazo, al no utilizar medios anticonceptivos, y la exploración de la mujer revela una esterilidad de origen tubular. Este diagnóstico desencadena entonces un síndrome depresivo importante; aquélla se fija en todas las mujeres encinta que pasan por la calle; no puede soportar su situación y va a intentarlo todo para ponerle remedio. ¿Qué ocurre exactamente con su petición? ¿Desea un hijo, desea quedar embarazada, desea recuperar su identidad femenina, puesta en entredicho por la esterilidad? A nivel consciente, la angustia se manifiesta en la espera de los distintos exámenes, de los resultados, en la dificultad de superar los problemas inevitables de la hospitalización y de sus inconvenientes. El hecho de entender la demanda a otro nivel puede permitir una mejor relación entre la paciente y el equipo que la cuida. La presencia de un psicoanalista investigador durante las consultas y, sobre todo, en la hospitalización permite comprender la dimensión inconsciente del deseo de tener un hijo, deseo perseguido largo tiempo y hasta entonces irrealizable.

Dr. A. Raoul Duval
Director de investigación INSERM
Hospital A. Béclère (Clamart)

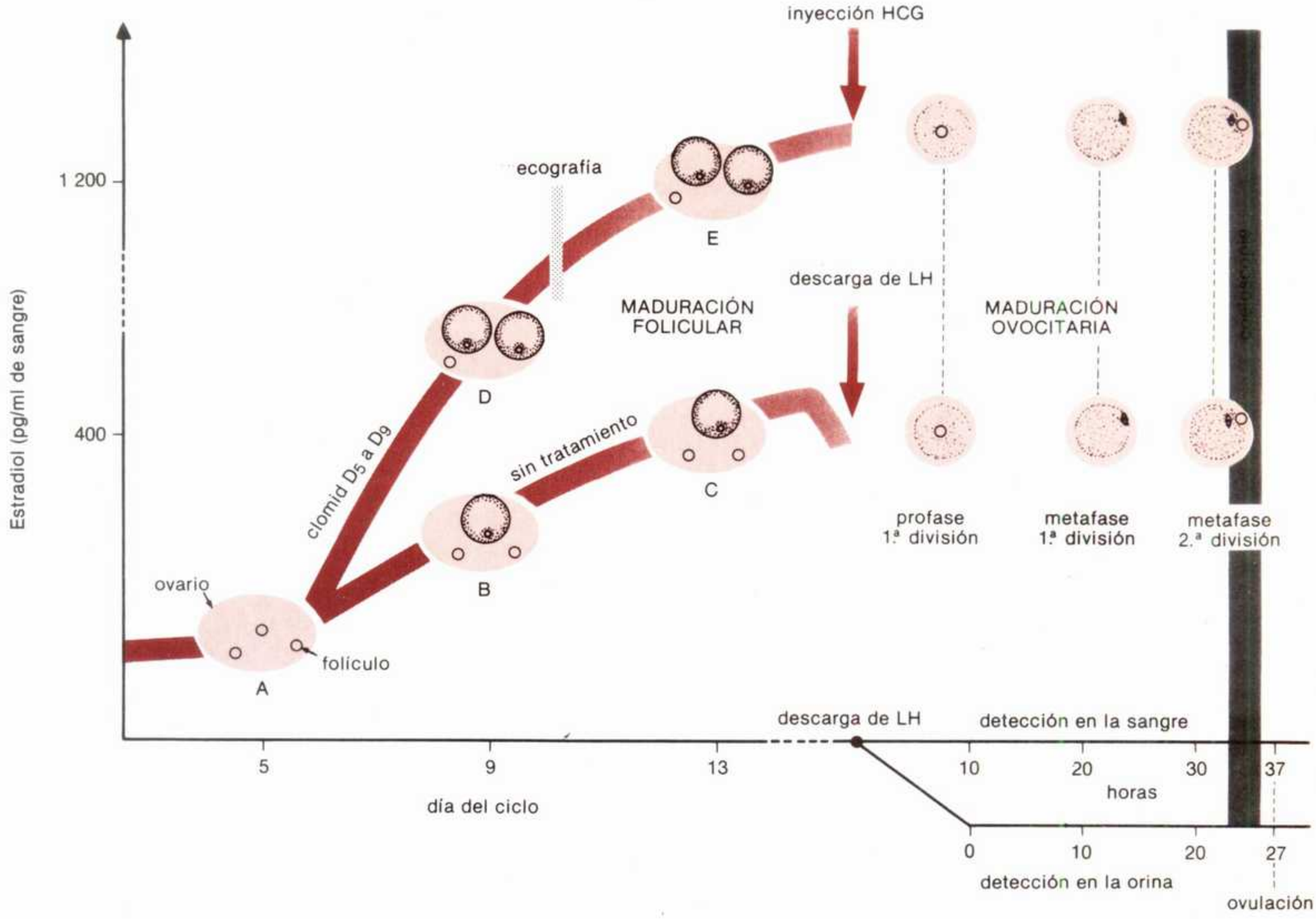


Figura 4. **La recolección de los ovocitos maduros se realiza bien en el transcurso del ciclo «natural» bien después de estimulación artificial. Al principio del ciclo menstrual, se desarrollan varios folículos en cada ovario** (A). **Pero uno sólo prosigue el crecimiento en el ovario, mientras que los otros degeneran** (B, C), **la ovulación sólo concierne al ovocito presente en este folículo. Si los ovarios son previamente estimulados, algunos folículos que hubieran degenerado también se desarrollan** (D, E) **y la ovulación puede afectar entonces a varios ovocitos por ovario.**
En el ciclo «natural», se efectúan varias tomas cotidianas de sangre (4 por día) o de orina (8 por día), por lo menos dos días antes del momento supuesto de la descarga ovulatoria de LH. La dosificación rápida permite detectar el inicio de la descarga de LH que provocará la maduración del ovocito, indispensable para que éste pueda hacerse fecundable. La celioscopia se realiza justo antes de la ovulación, pero solamente cuando el ovocito está maduro, esto es, unas treinta y cuatro horas después de la descarga de LH detectada en la sangre o unas veintiséis-veintiocho después de su detección en la orina (para tener en cuenta el retraso en la excreción de la hormona). Cuando se procede a la estimulación del ciclo, una ecografía practicada hacia el décimo-undécimo día del ciclo permite conocer el número de folículos preovulatorios (16 mm) en los dos ovarios. Se espera a que estos folículos secreten suficiente estradiol (alrededor de 400 pg/ml cada uno) a la sangre para inyectar HCG, una hormona análoga a la LH. En el ejemplo ilustrado, el segundo ovario (sin representar) contiene un folículo preovulatorio: en total, los tres folículos deben excretar en la sangre estradiol a concentración de 1200 pg/ml. La celioscopia tiene lugar en el mismo momento, después de la inyección de HCG o después de la detección de la descarga ovulatoria de LH en un ciclo no tratado.

para permitir el paso de la masa de células del *cumulus* que rodean el óvulo. El producto de la aspiración es recogido bien directamente en una jeringuilla unida a la aguja, bien en un tubo a presión negativa (12 cm de mercurio). En general se recogen de 2 a 8 ml de líquido folicular. El examen inmediato con lupa binocular permite reconocer fácilmente el óvulo. Apuntemos que un grupo danés ha propuesto recientemente efectuar la punción folicular por medio de una aguja transabdominal guiada hasta el folículo por un examen ultrasónico (ecografía). Esta técnica presentaría la ventaja de poder realizarse con la paciente despierta; falta, no obstante, probar la inocuidad del procedimiento.

Al tomar el óvulo en un estadio muy preciso de su desarrollo, es decir, en las horas que preceden a la ovulación, la fecundación externa puede efectuarse en buenas condiciones. Sin embargo, cuando el óvulo se recoge en el curso de un ciclo «natural», la intervención queda condicionada al ciclo fisiológico de la mujer. Primera consecuencia: éste no permite obtener sino un solo ovocito maduro. Segunda consecuencia: ello implica una gran disponibilidad del equipo médico, puesto que la intervención quirúrgica puede tener lugar a cualquier hora del día o de la noche, y el objetivo es tomar el óvulo en buen momento. Además, las tomas frecuentes de sangre (o de orina) son muy molestas para la paciente. Para paliar estas dificultades es posible recurrir a tratamientos de estimulación hormonal de los ovarios (fig. 4). Pero los primeros resultados obtenidos por Edwards en Inglaterra le llevaron a responsabilizar a estos tratamientos de perturbaciones hormonales al principio del embarazo, con lo que fueron abandonados en favor de las intervenciones durante el ciclo «natural». Sin embargo, los resultados recientemente obtenidos por el equipo australiano de Trounson[8] han vuelto a poner de actualidad los tratamientos hormonales, que son utilizados hoy día por todos los grupos, incluido el de Edwards. En la actualidad, un tratamiento hormonal al princi-

(8) A.O. Trounson y otros, *Science, 212,* 681, 1981.

En la actualidad, 7 % de las pacientes consiguen tener un hijo.

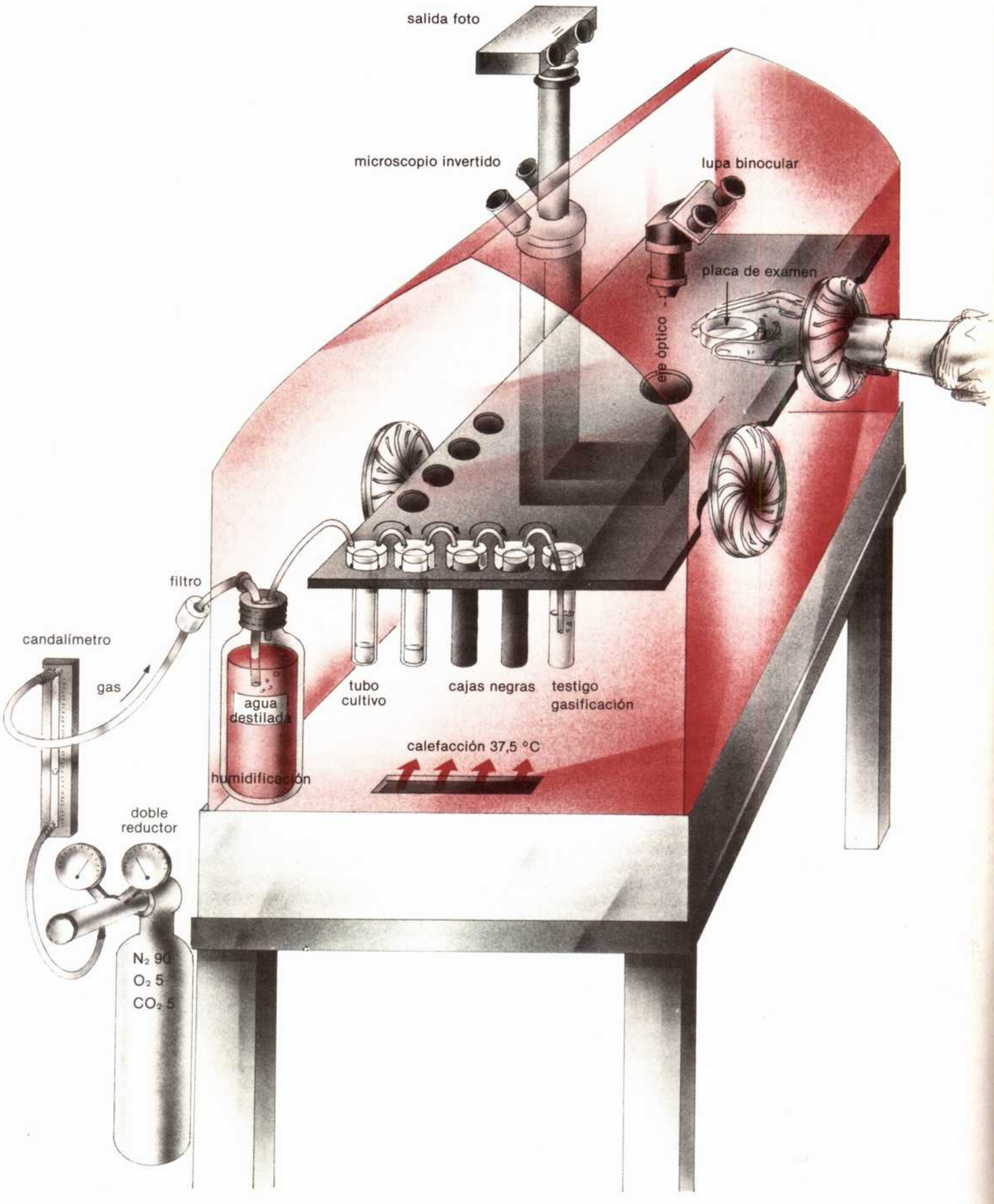


Figura 5. **En el hospital Antoine Béclère ha sido preparado un dispositivo para la fecundación y el cultivo *in vitro*. La modificación de una incubadora para recién nacido permite realizar todas las fases del cultivo (comprendidos los exámenes del ovocito y del huevo y la renovación de los medios de cultivo) en un ambiente de temperatura controlada. El recurso al microscopio (examenes más detenidos, fotos) queda simplificado por el alineamiento de su eje óptico invertido con el de la lupa binocular. La platina del microscopio es remplazada por una tabla que lleva numerosas cajas negras donde se depositan los tubos de cultivo. El gas, filtrado, calentado y humidificado, recorre la serie de tubos por medio de conductos de silicona. El conjunto es autónomo, móvil, de pequeño volumen y puede utilizarse para llevar a cabo decenas de cultivos. El óvulo es introducido en este dispositivo inmediatamente después de la punción folicular, y el embrión sólo lo abandona en el momento de su reimplantación en el útero materno.**

pio del ciclo permite obtener simultáneamente varios ovocitos: tres o cuatro con el citrato de clomifeno (clomid) y aun más con la HMG (gonadotropina menopáusica humana). En este caso, una ecografía practicada diez u once días después de iniciado el ciclo permite conocer el número de folículos estimulados en los dos ovarios. Se espera a que estos folículos hayan madurado, es decir, a que segreguen suficiente cantidad de estradiol, para dar una inyección de HCG (gonadotropina coriónica humana). Ésta desencadena la maduración del ovocito y la ovulación con la misma cronología que la LH,[9] estimulando la descarga ovulatoria natural. La recogida de los óvulos se realiza entonces entre las treinta y cuatro y las treintaiséis horas después de la inyección de HCG. En la práctica se administra la HCG hacia las 23 horas del día en que los diferentes exámenes clínicos demuestran la presencia de folículos maduros; en estas condiciones, la intervención quirúrgica para obtener los óvulos puede realizarse al cabo de dos días, entre las diez y las doce de la mañana.

Pero, después de esto, todavía se tropieza con un importante problema, el de la fecundabilidad del óvulo, dado que los ovocitos obtenidos después de la estimulación hormonal no son idénticos entre sí: algunos han degenerado en el interior del folículo y no podrán ser fecundados; otros han alcanzado estadios variables de maduración. En este caso, es preferible incubar los ovocitos durante un período de tres a cinco horas antes de ponerlos en contacto con los espermatozoides, con el fin de que completen su maduración. En caso contrario, el ovocito podría ser penetrado por uno o varios espermatozoides antes de completar su maduración y no se llevarían a cabo las primeras divisiones del huevo.

Unas condiciones del cultivo muy estrictas

El cultivo del huevo, del mismo modo que el de los gametos, no es un problema simple. Normalmente, el huevo está bañado por complejos líquidos biológicos de la trompa o del útero. ¿Cuáles son, pues, las condiciones de cultivo necesarias para el éxito de una fecundación y la supervivencia del huevo en un medio externo? Los medios de cultivo sintéticos son diversos y se inspiran de los medios eficaces en el animal. El grupo inglés de Edwards utiliza una solución salina (Earle) enriquecida con piruvato; medios más complejos, particularmente los enriquecidos con aminoácidos, también son utilizados: los australianos utilizan la solución denominada «Ham's F_{10}» y los franceses se sirven de la «B_2» de Menezo, nombre del investigador que la preparó.[10] Estos medios se completan frecuentemente con suero sanguíneo perteneciente a la paciente. La presión osmótica es de aproximadamente 280 mmols/kg y el pH de 7,2 a 7,4. El pH se mantiene gracias a un tampón bicarbonato cuando la atmósfera gaseosa está enriquecida con gas carbónico; de ahí, la necesidad de asegurar permanentemente la gasificación apropiada de los cultivos de gametos y embriones. Los tubos o placas de cultivo se mantienen a una temperatura de 37- 37,2 °C, temperatura del cuerpo femenino después de la ovulación (fig. 5). Las manipulaciones del óvulo y del huevo se realizan con pequeñas pipetas de vidrio bajo lupa binocular. Un aumento de 10 a 40 veces es en efecto suficiente para observar esta voluminosa célula.

Es importante respetar ciertas condiciones estrictas para obtener buenos resultados. Así, todo el material de cultivo, evidentemente estéril, debe estar compuesto por materiales (plástico o vidrio) tratados de antemano para evitar la difusión de sustancias tóxicas en el medio. Las variaciones bruscas de temperatura o de pH, así como las luces intensas, deben evitarse. El cultivo se desarrolla, pues, en la oscuridad (como en el vientre materno) con sistemas fiables de regulación térmica y gaseosa. Después de un tiempo razonable —varias horas por lo menos— para que pueda asegurarse la penetración del óvulo por un espermatozoide,[11] el huevo supuestamente fecundado se traspasa a un nuevo tubo de cultivo. Esta operación sirve para eliminar los espermatozoides excedentes, que van muriendo progresivamente y cuya degradación alteraría la composición del medio; además, se aprovecha la ocasión para eliminar, por sucesivos pipeteados, la mayoría del *cumulus*, con el fin de observar más fácilmente la segmentación próxima del huevo fecundado. La primera segmentación (estadio bicelular o blastómero) ocurre entre las 25 y 35 horas después de la inseminación *in vitro*. El huevo posee cuatro blastómeros transcurridas unas 48 horas y ocho blastómeros antes de transcurrir las 72 horas.

La reimplantación: un paso difícil

Cuando el huevo tiene de cuatro a ocho células, es decir, dos o tres días después de la extracción del óvulo, se pasa a la etapa siguiente, correspondiente a su reimplantación en el útero. Se considera que en este momento el útero está dispuesto para aceptar al huevo y, de otra parte, que éste ha alcanzado un desarrollo suficiente. Bajo el efecto de la progesterona liberada por el ovario después de la ovulación, el útero sufre, en efecto, una preparación caracterizada por un desarrollo de la mucosa, que lo hace receptivo. En lo que hace referencia al huevo, la cronología de los acontecimientos en el organismo materno que lo conducen hasta su implantación es el siguiente: después de la fecundación, el huevo se desplaza por la trompa durante tres días y se divide progresivamente en dos, cuatro y luego de ocho a doce células. Las divisiones ulteriores transcurren en el útero, hasta varias decenas de células. Ulteriormente, hacia el quinto día, el huevo alcanza el estadio de blastocisto, en el que las futuras células embrionarias empiezan a organizarse para formar el botón embrionario, bordeando una cavidad (blastocele) delimitada por una corona de células (trofoblastos). La implantación en la mucosa uterina tiene lugar en este estadio, y en la especie humana se produce, al parecer, hacia el séptimo día después de la fecundación. Pero esta cronología es todavía muy imprecisa (mucho más que para otras muchas especies animales), tanto que no es posible afirmar que la velocidad de desarrollo del embrión *in vitro* sea igual que en las vías genitales. La implantación marca, pues, el fin de la vida libre y el inicio real del embarazo. Esta etapa es conocida para con todos los animales como un paso fisiológico difícil y selectivo.

Técnicamente, el procedimiento de reimplantación en el útero es el siguiente. El huevo transportado por un fino catéter no traumático se introduce en el útero por el cuello; se deposita sobre la mucosa uterina con una mínima cantidad de líquido de cultivo (10 a 30 μl). La relajación de la paciente en este momento es importante para facilitar el paso del catéter por el cuello y evitar contracciones uterinas, que expulsarían el huevo hacia la vagina; se consigue el relajamiento del músculo uterino administrando un supositorio antiprostaglandina. Hemos observado que el embarazo tiene más probabilidades de alcanzarse si la paciente está relajada en el momento de la reimplantación del huevo. De ahí, que esta intervención relativamente trivial se realice en un ambiente musical y cerca de la habitación del hospital que aquélla ocupará. Después de reimplantar el huevo, la paciente queda internada para reposar varios días y para poder vigilar el inicio eventual del embarazo. Esta vigilancia responde a las expectativas de la paciente y además permite detectar signos muy precoces de vida embrionaria, que pasarían desapercibidos si la regla se retrasa un poco.

El primer criterio cronológico de un embarazo que se inicia es la secreción, por parte del embrión implantado, de la hormona HCG, que se inicia entre el noveno y el duodécimo día después de la

(9) J. Testart, R. Frydman, *Fertil. Steril., 37*, 1982.
(10) Y. Menezo, *C.R. Acad. Sci. Paris., 282*, 1967, 1976.
(11) R. McMaster, R. Yanagimachi, A. Lopata, *Biol. Reprod., 19*, 212, 1978.

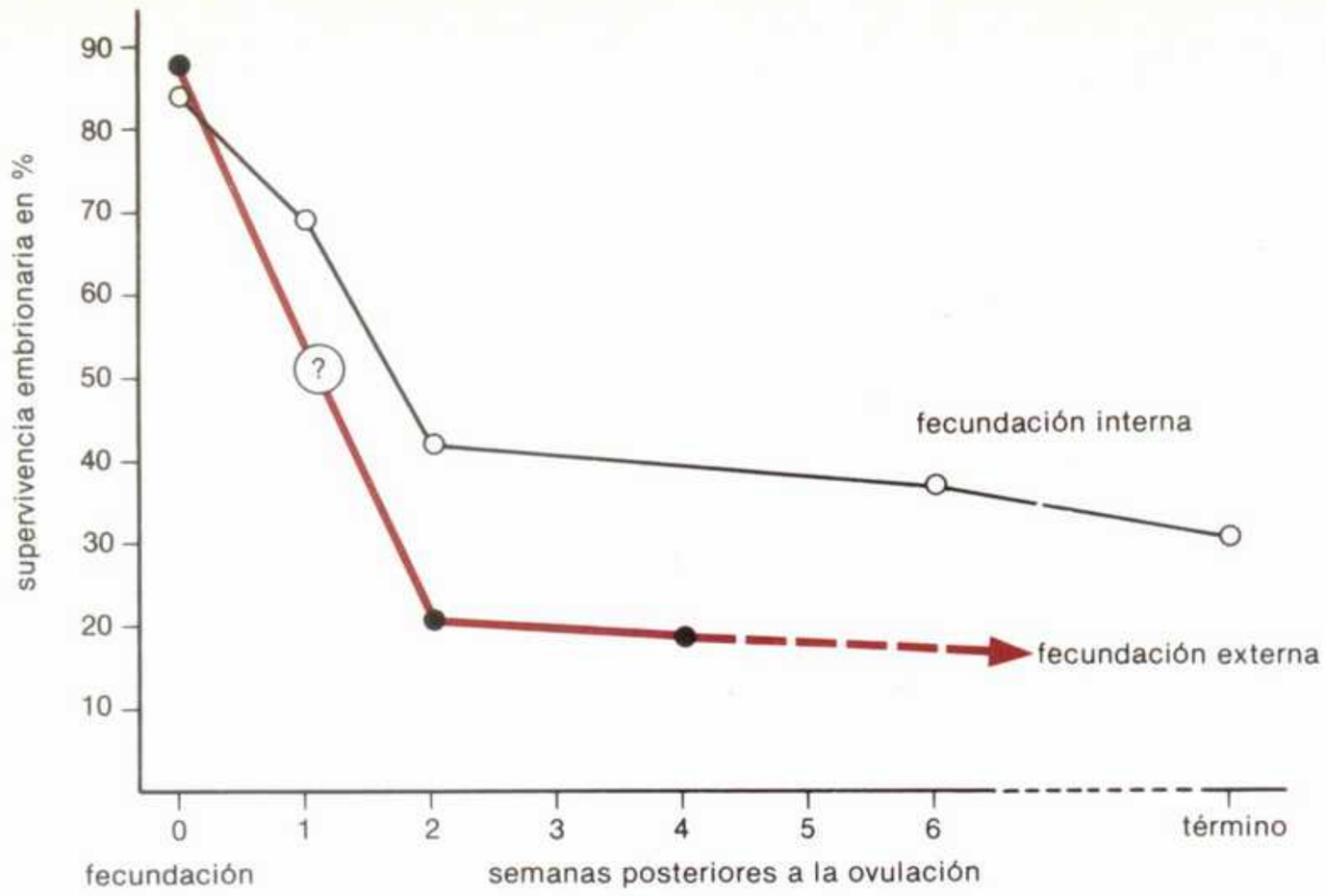


Figura 6. **Tanto si la fecundación se desarrolla en el interior como en el exterior del organismo, su frecuencia es prácticamente la misma (84 y 88 %). Igualmente no parece haber más abortos después de la segunda semana, bien que los datos correspondientes a los nacimientos a término después de la fecundación *in vitro* sean todavía demasiado escasos para poder afirmarlo. Es en el intervalo que media entre el momento de la reimplantación del embrión fecundado *in vitro* y la segunda semana cuando la fertilidad queda muy afectada, lo cual se corresponde, en las condiciones naturales, con la mayor frecuencia de la mortalidad embrionaria: el cabo de la implantación es, efectivamente, el más difícil de doblar. Al acabar este período, la tasa de supervivencia es dos veces menor si el óvulo ha sido fecundado *in vitro* (alrededor del 21 % frente al 42 % en la fecundación natural). En el caso en que el huevo sea reimplantado *in utero* dos o tres días después de la fecundación *in vitro* es imposible conocer la superviviencia entre este momento y el de la implantación (véase la curva). Los valores que se indican para la fecundación *in vitro* son los últimos publicados por R. G. Edwards (*Nature, 293,* 253, 1981). Los datos *in vivo* son los recopilados por H. Leridon.** (Aspects biométriques de la fertilité humaine, PUF, 1973.)

fecundación y que puede detectarse en la sangre periférica; las mismas muestras de sangre permiten apreciar la calidad del o de los cuerpos lúteos gracias a su secreción de hormonas (estradiol y progesterona). Si la regla no se produce, prosiguen los análisis hormonales, y una ecografía practicada a partir de la cuarta semana podrá darnos una imagen del embrión. La vigilancia del desarrollo del embarazo es idéntica, aunque más atenta, a la de cualquier embarazo «natural». Además, hasta que no hayan nacido un número suficiente de niños por este procedimiento para juzgar si la frecuencia de anomalías no aumenta, nos parece indispensable efectuar una punción anmiótica hacia el cuarto mes, para establecer la fórmula cromosómica. A iniciativa de Edwards, un registro internacional de embarazos resultantes de la fecundación *in vitro* acaba de iniciarse en Cambridge (Gran Bretaña). El agrupamiento y el análisis de todos los datos permitirán, además de comparar las técnicas utilizadas y sus resultados, conocer con precisión la calidad de estos embarazos.

Aumentar las probabilidades de éxito

Hace apenas un año se estimaba en un 1 % la posibilidad de éxito con este método. Hoy, el 7 % de las pacientes tratadas esperan un hijo. Puesto que la fertilidad natural de una pareja normal no sobrepasa el 25-30 % por ciclo ovulatorio, la eficacia de la fecundación *in vitro* comparada con la natural alcanza ya el 25 %. Este progreso en los resultados se debe esencialmente al perfeccionamiento de las técnicas y a la introducción de los tratamientos de estimulación hormonal.

Si se compara lo que le sucede al huevo fecundado *in vitro* con el fecundado *in vivo,* se constata que la supervivencia es la misma en los tres primeros días del desarrollo (fig. 6). Sin embargo, cuando el huevo se reimplanta en el útero materno, la supervivencia al cabo de dos semanas sólo es del 15 al 20 %. Parece, pues, que la supervivencia considerada después de la implantación es dos veces inferior cuando el huevo ha sido fecundado *in vitro.* Esta diferencia puede ser resultado bien de anomalías no detectadas durante el cultivo bien del fracaso relativo de la técnica de implantación, cuando no de la perturbación de los niveles hormonales al principio del embarazo.

En lo que hace referencia a las anomalías cromosómicas, es comprensible que puedan afectar particularmente al huevo fecundado *in vitro.* En efecto, este método pone en contacto, en un ambiente artificial, a los gametos expuestos necesariamente a las fluctuaciones de este mismo ambiente. Además, la selección efectuada sobre los espermatozoides es de eficacia bastante menor a la efectuada *in vivo.* En condiciones naturales los espermatozoides recorren un largo camino hasta alcanzar al ovocito y atraviesan dos filtros eficaces: el moco cervical y el paso del útero a la trompa. Además, cuando la fecundación ocurre con ovocitos madurados en folículos artificialmente estimulados, se puede temer una mayor frecuencia de anomalías cromosómicas.[12] Por suerte, los embriones mal constituidos son naturalmente eliminados de forma precoz y la proporción de abortos, al inicio del embarazo, no parece ser superior a la observada después de la fecundación *in vivo* (véase el artículo de A. Boné *La Recherche,* n.º 115, p. 1158, octubre 1980) (fig. 6).

Si, por el contrario, el bajo porcentaje de embarazos es debido a la técnica de implantación misma, debería ser más fácil de subsanar. En los animales, se ha observado que en la transferencia de un embrión bovino de tres días de una hembra a otra raramente se consigue que haya gestación, mientras que puede alcanzarse un 60 % de éxitos si la transferencia se efectúa a los seis días. Sin embargo, puede lograrse el mismo resultado anterior con embriones de tres días si la implantación se realiza no por vía cervical sino por vía quirúrgica. Estas observaciones conducen a dos hipótesis para aumentar las posibilidades de éxito en la implantación del huevo humano: se puede pensar bien en una implantación más tardía del embrión, lo cual hace necesario el cultivo prolongado del huevo en buenas condiciones bien en reimplantar el huevo en el útero sin utilizar las vías naturales, pero anestesiar por segunda vez a la paciente no es nunca recomendable.

Para acabar, no parece que una perturbación de las secreciones del cuerpo lúteo sea la explicación de la baja frecuencia de embarazos obtenidos después de la implantación del embrión. Efectivamente, cuando se coge el óvulo en el transcurso de un ciclo «natural», estas secreciones hormonales quedan disminuidas porque la punción del folículo arrastra igualmente células destinadas a constituir el cuerpo lúteo. Al contrario, la cantidad elevada de cuerpos lúteos presentes cuando el ciclo ha sido artificialmente estimulado conduce a un exceso de secreciones hormonales. Ahora bien, en ambos casos, se obtienen resultados comparables y relativamente bajos.

Los problemas éticos

Al terminar el presente año, la fecundación *in vitro* habrá dado lugar al nacimiento de tantos niños, como animales han nacido por este procedimiento en los últimos veinte años. Ciertamente, el método utilizado en la especie humana se ha beneficiado de los trabajos experimentales en los animales, a los cuales es siempre deseable recurrir para esclarecer tal o tal punto particular. Pero, no estaba justificado el esperar a mayores éxitos en los animales para emprender la fecundación humana *in vitro.* Por un lado, porque este método alcanza casi un 100 % de éxitos en los roedores; por el otro, porque necesita adaptaciones para cada especie. En fin, porque la especie humana es la única, entre los

(12) J. Boué y A. Boué, *Lancet, I,* 679, 1973.

grandes mamíferos y a pesar de numerosas tentativas, en que la fecundación *in vitro* es relativamente fácil. Si el 7 % de las pacientes tratadas consiguen el hijo que ningún otro método puede ofrecerles, el hecho es de trascendencia médica y social. Pero, cabe esperar más. Sin llegar al optimismo de Steptoe, que piensa que a la fecundación *in vitro* le cabe el superar a la natural, debe pensarse que como cualquier método nuevo es susceptible de mejoras.

Las dos principales vías que hay que investigar simultáneamente son, a nuestro entender, las siguientes: en primer lugar, aumentar la cantidad de huevos procedentes de cada intervención; efectivamente, el estudio de la congelación del huevo humano acaba de iniciarse y debería permitir, como en el caso de otros mamíferos, el conservar largo tiempo y en buenas condiciones más de la mitad de los huevos segmentados. De este modo, varias tentativas de reimplantación *in utero* podrían seguir a cada tratamiento de «estimulación-recogida», que puede ser repetido varias veces al año. Luego, habría que mejorar las condiciones de reimplantación del huevo fecundado, por ser esta fase del método, como ya hemos visto, un importante factor de fracaso.

En fin, hay otro balance de la fecundación *in vitro* en la especie humana que no debe olvidarse. Es innegable que los resultados de la fecundación *in vitro* han modificado completamente nuestros conocimientos sobre la fisiología de la ovulación y de la fecundación humana. Hemos expuesto anteriormente las relaciones cronológicas entre la descarga ovulatoria y la maduración del ovocito o la ovulación.(6) Estas relaciones no se han establecido de forma precisa hasta hace poco, con ocasión de recientes trabajos sobre la fecundación *in vitro*. Del mismo modo, numerosos trabajos contribuyen progresivamente a describir la fisiología hormonal del ovario, la biología de los gametos y de su unión y también de la estructura del huevo. Citemos un solo ejemplo, que podría modificar los datos clásicos a que se remite la epidemiología: se estima que la fecundación humana puede realizarse hasta doce horas después de la ovulación o hasta cuarenta y ocho horas después de la emisión de esperma en la vagina. El grupo de Edwards ha podido obtener fecundaciones *in vitro* con óvulos y espermatozoides con edades respectivas de dos y diez días. Todas estas informaciones abren ya un nuevo camino clínico en los tratamientos clásicos de la esterilidad; no es imposible que conduzcan igualmente a nuevas vías de contracepción por intervención directa a nivel de la fusión de los gametos.

A pesar de estos resultados terapéuticos y fisiológicos, que no pueden sino mejorar, el método no sólo encuentra simpatizantes; algunos ven en él una manipulación de la vida humana. La cirugía tubular, la inseminación artificial, la inducción de la ovulación o simplemente el tratamiento de una infección genital, u otros tratamientos que permiten restablecer la fecundidad ¿constituyen también una manipulación de la vida? Los aspectos filosóficos y éticos de la fecundación *in vitro* en el hombre han sido frecuentemente discutidos.(13) El verdadero problema que se plantea no es la fecundación sino la situación *in vitro,* esto es «en manos» del biólogo, de los gametos o del huevo humano. Se ha hablado de selección del sexo, de portadoras de embriones a sueldo, pero también de clones y de manipulaciones genéticas... esto es o será posible. No es función del biólogo el decidir él solo lo que debe hacerse, sino decir lo que puede hacerse. Lo que no impide que en el aislamiento del laboratorio, el biólogo se vea confrontado cotidianamente con hipótesis, con tentativas de «ir más lejos». Su responsabilidad frente al huevo, como la del médico ante la pareja, es evidente y aceptada. Pero las opciones de unos no pueden ser legitimación para todos. De ahí, que las comisiones éticas y activas que representan a todas las corrientes del pensamiento, aparte de los especialistas, son esperadas con entusiamo por quienes un semanario llamaba amablemente «manoseadores de la vida». ■

(13) R.G. Edwards, *The Quarterly review of biology, 49,* 3, 1974.

Para más información:

■ J.D. Biggers, «Fécondation *in vitro* et transplantation embryonnaire chez l'être humain», *Le journal international de médecine, 4,* 25, 1981 (artículo reproducido y traducido del *N. Engl. J. Med., 304,* 336, 1981).

■ R.J. Blandau, «In vitro fertilization and embryo transfer», *Fertil. Steril., 33,* 3, 1980.

■ A. Gougeon, «Cinétique de la croissance et de l'involution des follicules ovariens pendant le cycle menstruel chez la femme», Tesis doctoral, univ. Paris VI, 1981.

■ C. Grobstein, *From chance to purpose: an appraisal of external human fertilization,* Addison-Wesley, 1981.

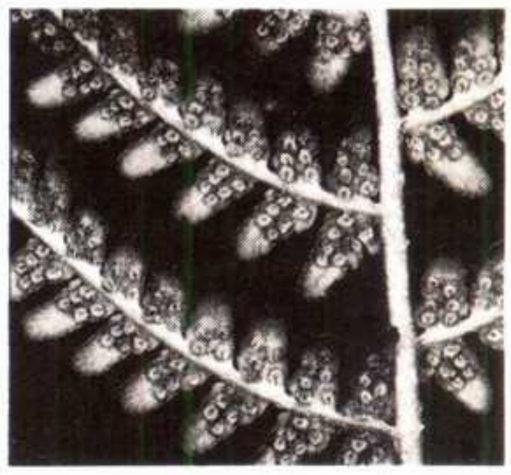
■ G.D. Hodgen, «Fertilization *in vitro* et alternatives», JAMA, *4,* 553, 1981.

■ J. Testart, «La fécondation» en *Physiologie de la grossesse,* M. Tournaire, Masson, 1982.

NOVEDADES H.BLUME

PLANTAS SILVESTRES DE LA PENINSULA IBERICA RUPICOLAS

Andrés Ceballos y Javier Fernández Casas



Esta guía presenta 450 especies de plantas silvestres rupícolas de la Península y Baleares. Este grupo de plantas silvestres que viven en mayor o menor grado sobre rocas incluye: líquenes, helechos, hepáticas, musgos así como numerosas superiores y entre ellas se encuentran especies cuya existencia se ve seriamente amenazada en nuestros días.

Cada especie es presentada mediante una fotografía en color, todas originales hechas especialmente para este libro, a la que acompaña su nombre científico y común y una descripción de las características más importantes tales como: tamaño, hábitat, distribución geográfica, altitud, época de floración, etc.

Los autores Andrés Ceballos y Javier Fernández Casas, botánicos experimentados han logrado un manual que auna su sencillez y facilidad de manejo con un profundo rigor científico.

Cartoné, 432 pág. 1.500 ptas.

H.BLUME EDICIONES

Rosario, 17 Madrid-5 Tel. 265 92 00-08-09

François Jacob, investido Dr. Honoris causa por la Universidad de Barcelona

El 10 de marzo pasado el eminente biológo François Jacob fue investido Doctor Honoris causa por la Universidad de Barcelona. La investidura había sido propuesta por el Departamento de Anatomia de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona, y apoyada unánimemente por la Junta de Gobierno de dicha Universidad.

El acto académico se desarrolló en un clima de tensión totalmente ajeno a la ceremonia en si y al científico francés homenajeado. El malestar lo provocaba la presencia en el acto del ministro de Educación y Ciencia D. Federico Mayor Zaragoza en un momento en que se procede a la discusión de una Ley de Autonomía Universitaria (LAU) que parece convencer a muy pocos y en muy escasa medida. El propio rector de la Universidad de Barcelona A. Badia Margarit recogió en su discurso la disconformidad de buena parte de los estamentos universitarios ante el actual redactado de la LAU y el deseo de verla notablemente reformada en el momento de su aprobación definitiva.

El discurso de contestación fue pronunciado por el Dr. Domingo Ruano Gil catedrático de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona.

A continuación reproducimos el discurso de recepción pronunciado por F. Jacob.

Discurso de F. Jacob

Cuanto mayor es la vinculación que presenta un determinado dominio científico con los asuntos humanos, mayor es el riesgo de que las teorías en juego entren en conflicto con creencias y tradiciones, mayor es la tendencia a manipularlas y utilizarlas con fines ideológicos o políticos. Y esto es lo que sucede de un modo especial con la biología donde parece reavivarse hoy en día una vieja y pésima querella sobre cuánto hay de innato y cuánto de adquirido en ciertas aptitudes de los seres humanos. Desde el punto de vista de la biología, el problema puede ser planteado del modo siguiente. Todo ser vivo, desde el más humilde a los más orgullosos, representa la expresión de un programa que está en sus cromosomas. Ahora bien, es obvio que no existe ningún organismo que viva en el vacío. Antes al contrario representa siempre lo que los termodinámicos denominan un sistema abierto y no puede desarrollarse, crecer y reproducirse si no es gracias a un triple flujo de materia, energía e información. Por consiguiente, el desarrollo y la vida de un ser resultan necesariamente de una estrechísima interacción entre su herencia y el medio en que se desenvuelven.

En los organismos muy simples, las instrucciones contenidas en el programa genético se ejecutan de manera rígida. Quizá lo que mejor pueda caracterizar la dirección seguida por la evolución biológica, es el aumento de intercambios que ha ido produciéndose entre el organismo y su medio. Por lo general, los «éxitos» evolutivos suelen representar un acrecentamiento, tanto de la cápacidad de percibir como en la de escoger una reacción ante los estímulos. Dicho desarrollo implica una flexibilización de los límites que impone el programa genético, una «apertura» de este programa en el sentido de permitir al organismo extender su radio de acción. De este modo va relajándose progresivamente el rigor de la herencia. En el programa genético que enmarca las características de un animal algo más complejo, existe una parte cerrada cuya expresión queda estrictamente fijada y otra abierta que ofrece al individuo una cierta libertad de respuesta. Los cuarenta y seis cromosomas del ser humano le confieren una serie de aptitudes, física o mentales, que puede explotar y desarrollar de maneras sumamente variadas según sea el medio y la sociedad en los que crece y vive. La capacidad de hablar se la ofrece al niño su dotación genética pero es el medio en el que crece el responsable de que aprenda tal lengua o tal otra. Desde hace tiempo se ha querido ver más una oposición entre estos dos órdenes de factores que una complementaridad y unos vínculos indisolubles. Se ha querido determinar qué parte respectivamente juega la herencia y el medio circundante en el comportamiento y las aptitudes de los seres humanos.

Puesto que el mecanismo de la sexualidad se halla dispuesto para producir cada vez un ser único, puesto que cada individuo presenta una combinación particular de características físicas que le son propias, cabe preguntarse ¿hasta qué punto tales diferencias genéticas se reflejarán en las aptitudes mentales del individuo? Puesto que el organismo es el fruto de una interacción entre medio y herencia, ¿puede distinguirse qué parte procede de uno y otro factor en lo que respecta a sus aptitudes intelectuales? La estrecha interdependencia de los determinantes biológicos y de los determinantes sociales suele a menudo subestimarse ello cuanto no es pura y simplemente negada por razones ideológicas o políticas como si en la génesis el comportamiento humano y sus perturbaciones se excluyeran mutuamente ambos tipos de factores. Así en una serie de debates sobre la es-

François Jacob entre el Dr. Ruano (izquierda) quien pronunció el discurso de contestación, y el Dr. Corbella (derecha) en el acto de investidura como Doctor Honoris causa celebrado en el Paraninfo de la Universidad de Barcelona.

Foto Daniel Boudinet

El profesor François Jacob nació en Nancy en 1920. Sus primeras inclinaciones no le llevaban a la brillante carrera de investigador que ha seguido. La segunda guerra mundial le sorprendió en los inicios de sus estudios de medicina; por aquel entonces pensaba ser cirujano. Combatió a favor de la Francia libre y fue herido de gravedad, por lo que tuvo que estar mucho tiempo hospitalizado. Los restos de metralla en su cuerpo le causan molestias físicas intermitentes. Por esta razón en 1946, una vez terminados sus estudios de medicina, dejó de lado la cirugía y empezó a trabajar en el campo de la investigación.

Después de un breve período en la industria —en la producción de antibióticos—, el profesor Jacob entró en el Instituto Pasteur, concretamente en el departamento del Dr. Lwoff. Según palabras de este último, Jacob se instaló de inmediato en una poyata y empezó a trabajar y hacer descubrimientos.

Es difícil comprender en todo su alcance la actividad intelectual que reinaba en el Instituto Pasteur por aquel entonces. El Dr. Lwoff trabajaba sobre los mecanismo que permiten a algunos bacteriófagos integrarse en el genoma de sus hospedantes. Unos pisos más arriba Jacques Monod y sus colaboradores intentaban comprender los mecanismos de adaptación enzimática. Elie Wollman, G. M. Cohen, M. Cohn, y tantos otros, los grandes nombres de la biología molecular, o bien trabajaban en el Instituto Pasteur o bien mantenían contacto con él. Fue en esta atmósfera de gran estímulo intelectual en la que se formó la fructífera colaboración entre J. Monod y F. Jacob. Los dos estaban fascinados por la idea de que era posible llegar a comprender los mecanismos elementales que controlan la expresión de los genes en las bacterias. Sus trabajos les llevaron hacia 1960-1961 a formular la hipótesis-teoría del operón. Hipótesis muy simple que aún sirven en la actualidad para los modelos que se utilizan en los estudios de los mecanismos de regulación celular. Aunque hoy día se han descubierto otros tipos de control para el operón y sus mecanismos de retroacción, positiva o negativa, continúa como el arquetipo de estos sistemas. Hacia 1963 el mismo equipo de trabajo teorizó un segundo tipo de regulación que lleva la impronta de Jacob, las regulaciones alostéricas, aquellas que permiten a un producto final de una cadena metabólica controlar el nivel de actividad del primer enzima de dicha cadena. No hay tema de la genética molecular de las bacterias por el que F. Jacob no se haya interesado.

Hacia 1964, la cooperación Monod-Jacob disminuyó su actividad hasta llegar a extinguirse. Poco tiempo después, en 1965, el Premio Nobel de medicina recompensaba a Jacob, Monod y Lwoff, su viejo maestro, por sus trabajos fundamentales sobre la comprensión de los mecanismos moleculares y genéticos que presiden la expresión de los genes. Fue entonces cuando la actividad de F. Jacob entró en una fase de dudas. Si bien su laboratorio continuó a pleno rendimiento en el campo de la genética microbiana, Jacob se sintió tentado por el estudio de la diferenciación celular. Algunas tentativas sobre sistemas como el neuroblastoma o gusanos primitivos fracasaron. Este período de tiempo —5 años— no fue inútil. Primero porque le permitió escribir una obra de historia de la biología que ha marcado época, *La logique du vivant*, y segundo porque F. Jacob se prepara para atacar una nueva meta científica: el estudio de la diferenciación embrionaria precoz. En realidad F. Jacob prepara y pone en marcha un sistema experimental modélico a partir de unas sugerencias decisivas del gran y poco conocido genetista B. Ephrussi, recientemente fallecido.

El sistema del teratocarcinoma parece ofrecer perspectivas fascinantes para el estudio inmunológico del desarrollo embrionario precoz (véase el artículo de F. Jacob publicado en *La Recherche*, n.º 89, mayo 1978). Con este sistema se han obtenido muchos resultados en distintos laboratorios y se debe a Jacob el mérito de haberlo promovido. En la actualidad, la actividad de su laboratorio parece que se haya atenuado un tanto, pero para ser justos, manipular embriones y comprender los mecanismos que intervienen es mucho más difícil y complicado que la investigación sobre bacterias.

F. Jacob se ha convertido en un personaje público y sus artículos encuentran eco en la gran prensa. Junto con F. Gros y P. Royer elaboró un detallado informe: *Sciences de la vie et société*. Eran muchos los que esperaban que tomara responsabilidades en el nuevo gobierno de Mitterand. Pero es conocerle poco. Jacob prefiere su laboratorio y allí permanece. Sus múltiples actividades no le impiden ser profesor en el Collègue de France y publicar otras a caballo entre la ciencia y la filosofía, como su último libro: *Le jeu de possibles* (véase reseña pág. 457). Su actividad académica, su personalidad pública, y el compromiso social que jamás ha rehuido le configuran como un personaje central del pensamiento biológico contemporáneo.

cuela, la psiquiatría o la condición de los sexos, suelen adoptarse dos posiciones extremas, dos actitudes opuestas, una la defendida por los partidarios de lo que podría denominarse *cera virgen* y la otra por quienes están a favor de la *fatalidad genética*. Para los partidarios de la cera virgen, las aptitudes mentales del ser humano no tienen nada que ver con la biología ni con la herencia. Se trata simplemente de una cuestión de cultura, de sociedad, de aprendizaje, de condicionamientos, de refuerzos y de modos de producción. Desaparece así toda diversidad, toda diferencia de orden hereditario en las aptitudes y talentos de los individuos humanos. Sólo cuentan las diferencias sociales y las diferencias de educación. La biología y sus imperativos ¡se detienen ante el cerebro humano! En esta formulación extremista, tal actitud es simple y llanamente insostenible. El aprendizaje no es nada más que la puesta en marcha de un programa que permitirá adquirir ciertas formas de conocimiento. No puede construirse una máquina de aprendizaje sin inscribir en su programa las condiciones y las modalidades del mismo. Una piedra no aprende nada y animales diferentes aprenden distintas cosas. Los datos neurobiológicos nos muestran que los circuitos de nuestro sistema nervioso responsables de nuestras capacidades y aptitudes están, aunque sólo sea de un modo parcial, biológicamente determinados desde el nacimiento. En el ser humano, a los factores biológicos se le superponen otros de orden físico, lingüístico, cultural, social, económicos, etc. Resulta imposible dar cuenta de un conjunto tan complejo de elementos a través de uno solo (o de unos pocos), mediante una serie de saberes fragmentarios a los que se asignaría un coeficiente preciso y particularizado. Dicho en otros términos, si bien el estudio del hombre no puede reducirse a la biología, resulta imposible prescindir de ella para abordarlo, del mismo modo que no hay forma de estudiar la biología dejando de lado a la física.

Idénticamente insostenible resulta la actitud opuesta, la que defiende un fatalismo genético, atribuyendo a la herencia la casi totalidad de nuestras aptitudes mentales y negando en la práctica toda influencia del medio, toda posibilidad seria de mejoramiento a través de entreno o aprendizaje. En su versión moderna, este punto de vista se fundamenta de un modo básico en la medición de lo que se denomina cociente intelectual o QI y en la heredabilidad del mismo. Sigue siendo tema de apasionados debates, la significación misma del cociente intelectual, la determinación de qué es lo que realmente medimos

con él, la posibilidad de concebir pruebas libres de toda implicación cultural. Sin querer entrar en tales discusiones, quisiera limitarme a señalar el pasmo de los biólogos ante el principio mismo del cociente intelectual. ¿Cómo puede mantenerse la esperanza de cuantificar la inteligencia global?. De hecho, ni siquiera sabemos definir con claridad qué se entiende por inteligencia global, pues agrupa elementos tan variados como la representación que nos construimos del mundo y de las fuerzas que en él actúan, la capacidad de reaccionar ante variadas coyunturas y en condiciones de muy diverso tipo, la rapidez para captar todos los elementos de una situación determinada y tomar una decisión, la capacidad de medir las consecuencias de la misma, el poder para desvelar analogías más o menos ocultas, de comparar elementos que a primera vista no son comparables entre sí y otros muchísimos aspectos. ¿Cómo puede llegar a cuantificarse un conjunto tan complejo de propiedades, mediante un simple valor que varía regularmente entre 50 y 150 unidades de una escala *ad hoc*? Ciertos investigadores parecen creer que para obtener un análisis científico de la situación, basta con medir cualquier cosa y luego entrar los valores obtenidos en un ordenador.

De hecho, la biología actual tiene muy poco que decir sobre el comportamiento del ser humano, sobre sus aptitudes mentales y sobre la interacción existente entre la herencia y el medio. Y es así por una razón muy específica. Toda investigación genética parte de lo visible, de los caracteres observables, de lo que se denomina fenotipo, para deducir de ellos lo oculto, el estado de los genes, lo que se denomina genotipo. Éste es el caso, por ejemplo, de los grupos sanguíneos o de ciertas malformaciones hereditarias que pueden transmitirse de generación en generación. Es también el caso de ciertas enfermedades que parecen vinculadas a la constitución genética del individuo. Y en la mayoría de los casos, tal vinculación tiene un carácter, no de fatalidad sino de probabilidad de aparición; para unas mismas condiciones de vida, tal cáncer o tal poliartritis aparecerán con mayor frecuencia entre los portadores de ciertos genotipos que entre los demás individuos. Por el contrario, los métodos propios de la genética se avienen mal al estudio del cerebro humano y sus capacidades. Por un lado, sigue siendo un misterio casi total la lógica del desarrollo embrionario, el modo en que se ejecuta el programa genético que se halla inscrito en los cromosomas del huevo. Por otro lado las capacidades intelectuales que pueden observarse en un individuo, no reflejan de modo directo el estado de sus genes, sino el de una numerosa serie de estructuras que cabalgan entre genotipo y fenotipo, estructuras escondidas en lo más profundo del cerebro y que funcionan integradas a muy diversos niveles. Por el momento ignoramos todo acerca de la relación entre los genes y tales estructuras y aún no hemos tenido la posibilidad de acceder a las mismas. Es evidente que la herencia desempeña un papel en la elaboración de dichas estructuras y son bien conocidos los estragos que pueden derivarse de ciertas mutaciones y anomalías cromosómicas. Es asimismo obvio que tales estructuras se desarrollan bajo la influencia del medio y todo el mundo conoce los problemas que acarrea la falta de atención y afecto para con los niños. Son necesarios cuarenta y seis cromosomas humanos para aprender cualquier lengua y no hay modo de aprenderla adecuadamente, ni demasiado pronto, ni demasiado tarde. Parece sumamente verosímil que para toda una serie de aptitudes mentales el programa genético pone en funcionamiento lo que podría denominarse *estructuras de recepción* que le permiten al niño actuar frente al medio circundante, captar sus regularidades, memorizarlas, y combinar los elementos para constituir nuevas asociaciones de los mismos. Estas estructuras nerviosas van afinándose poco a poco a través de los procesos de aprendizaje. Por consiguiente las estructuras nerviosas responsables de las capacidades mentales maduran y se organizan mediante una constante interacción entre lo biológico y lo cultural. Ante tal esquema queda pues claro que no tiene el menor sentido atribuir una fracción de las estructuras finales a los factores de herencia y el resto de las mismas al medio circundante. Sería algo tan estúpido como inquirir si la inclinación de Romeo por Julieta tiene un origen genético o un origen cultural.

El reavivamiento de la vieja querella entre lo innato y lo adquirido se produce pues por razones ideológicas y pasionales, en modo alguno científicas. Resulta muy poco frecuente considerar la diversidad genética como lo que realmente es, a saber: uno de los principales motores de la evolución, un fenómeno natural sin el que no seríamos parte integrante de este mundo. La regla general tiende a considerar esta diversidad ya sea como motivo de escándalo, ya sea como medio de opresión. A causa de un singular equívoco, se tiende a confundir dos nociones completamente distintas, la identidad y la igualdad. La una hace referencia a cualidades físicas o mentales de los individuos, mientras que la otra la hace a sus derechos sociales o jurídicos. La primera de ellas se desprende de la biología y de la educación; la segunda de la moral y de la política. Indudablemente es este último aspecto el que se ventila en el debate, tanto si se quiere fundamentar la igualdad en la identidad o si prefiriendo la desigualdad se desea justificarla a través de la diversidad. Como si la igualdad no hubiese sido precisamente inventada *porque* los seres humanos no son idénticos entre sí. Es algo muy similar a la hermosura de las mujeres, si todas fueran igualmente hermosas, no existirían mujeres hermosas. De modo similar si todos los seres humanos fueran tan parecidos entre sí como lo son los gemelos univitelinos, la noción de igualdad carecería por completo de interés. Su valor y su importancia se lo asignan la diversidad real entre los individuos, las diferencias que presentan en los más variados dominios. Pesa sobre nuestro mundo la amenaza de la monotonía y la uniformidad. Cada día que pasa deviene más sutil esta extraordinaria variedad que han creado los hombres en torno a sus creencias, sus costumbres, sus instituciones. Muchas son las culturas en trance de desaparición, ya sea por extinción física, ya sea por transformación de las mismas bajo la influencia del modelo que impone la civilización industrial. Por suerte hasta el momento presente la diversidad genética se ha mostrado resistente frente a las diversas empresas humanas. A pesar de algunas tentativas que la historia registra ya como monstruosidades, la eugenesia no es más que una palabra hasta el momento presente. Resulta reconfortante pensar que los ingenieros genéticos tienen muy escasas posibilidades de remodelar nuestros cromosomas según una norma necesariamente arbitraria. El «Mundo feliz» no está a la vuelta de la esquina. Hasta nueva orden el uso del sexo sigue siendo el medio más seguro para fabricar niños. Por tanto estos genes que constituyen el patrimonio de la especie seguirán uniéndose y separándose, esperemos que por mucho tiempo, a fin de producir estas combinaciones cada vez efímeras y cada vez distintas que son los individuos. Y no debe subestimarse esta diversidad, estas infinitas posibilidades combinatorias que hacen de cada uno de nosotros un ser único. Ahí reside la riqueza de la especie y le da toda su potencialidad, por lo demás, ésta es también la sal de la vida.

Luego, Jacob recogió guantes, diploma y anillo. Jacob conoce bien el valor exacto de estos símbolos académicos y también su significación pública y social. Lo que hace unos años no aceptó por razones éticas, acaba de recibirlo ahora.

Los anticuerpos armados

■ En el momento de su descubrimiento, un cáncer medio «pesa» unos mil millones de células; menos de una célula sobre 100 000 del organismo está enferma. Es poco, pero si las células siguen proliferando, el enfermo morirá. Hay que destruir estas células, en el lugar donde se encuentran, sin que resulten por ello lesionadas las células sanas que las rodean.

Todas las estrategias antitumorales se basan en este principio; el agente antitumoral deberá ser un tóxico capaz de reconocer y de eliminar las células enfermas entre un gran número de células normales. Han sido preparadas, así, muchas sustancias selectivamente lesivas.

Sin embargo, el progreso marca el paso, y el futuro pertenece sin duda a una nueva categoría de agentes terapéuticos, los anticuerpos armados o inmunotoxinas, de cuya puesta a punto trataremos a continuación.

¿Qué tipo de especificidad antitumor escoger?

En el arsenal terapéutico, las drogas antitumorales ocupan un lugar destacado. La actividad de la mayoría de ellas se basa en el hecho de que matan a las células que se dividen rápidamente, propiedad clásica de las células tumorales. Pero eso no es cierto sino en términos generales, porque ciertos tumores se desarrollan lentamente, mientras que en ciertos tejidos sanos tiene lugar una división muy activa, lo cual equivale a decir que las drogas no siempre son utilizables y que el frágil equilibrio entre la toxicidad y la eficacia hace que su utilización sea muy delicada. Desde el punto de vista que aquí nos interesa, la velocidad de crecimiento de un tumor es un criterio de selección insuficiente.

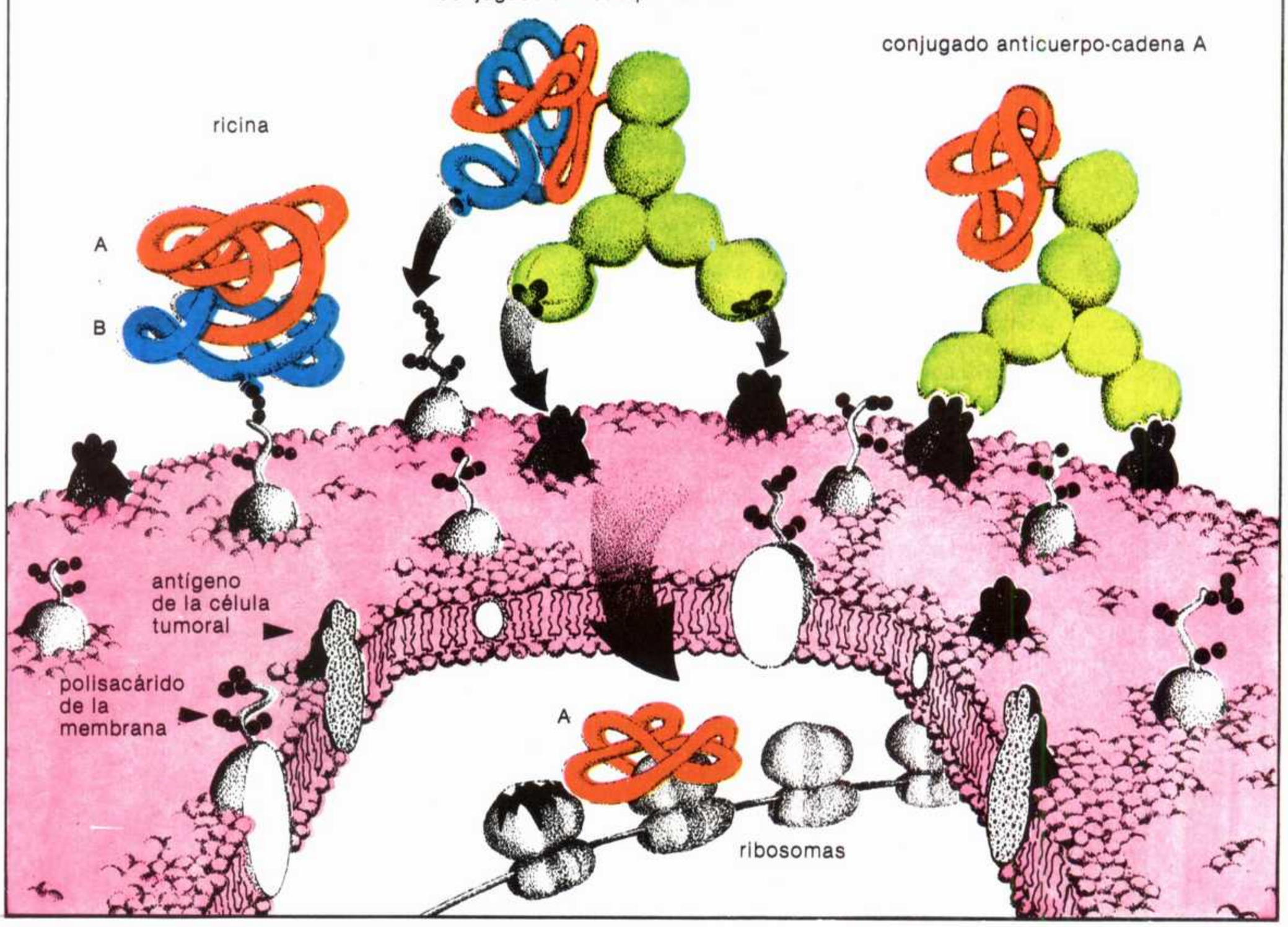


Figura 1. **La toxina ricina, constituida por dos subunidades polipeptídicas (A y B) unidas por un puente disulfuro, intoxica las células según un proceso secuencial: la parte B dotada de propiedades de reconocimiento es capaz de fijarse sobre residuos galactosídicos presentes en la superficie de casi todas las células animales, permitiendo así el paso hacia el citoplasma de la cadena A. Esta última, que representa la parte tóxica propiamente dicha, mata entonces a la célula por inactivación de la maquinaria de síntesis de proteínas. Los conjugados anticuerpo-toxina se fijan a la célula objetivo gracias a la parte anticuerpo; pero también sobre otras células, en razón de las propiedades de fijación de la toxina misma. Se puede obtener una alta especificidad de acción con los conjugados anticuerpo-cadena A (inmunotoxina), puesto que en este caso la función de reconocimiento es asumida únicamente por el anticuerpo.** (Según dibujo de X. Canat.)

La estrategia antitumoral: un agente que reconoce y destruye selectivamente las células enfermas.

Hay, no obstante, diferencias importantes entre la célula cancerosa y la célula normal que podrían ser utilizadas con fines terapéuticos. Desde hace años se sabe que la superficie de las células cancerosas lleva determinantes moleculares (los antígenos tumorales) que no existen en las células normales. Decir que se trata de antígenos significa que un organismo sabe desarrollar contra ellos una respuesta inmunitaria, es decir producir anticuerpos capaces de reconocer estas sustancias y a ellas solas. Entonces ¿por qué no buscar la pérdida de las células tumorales manipulando los anticuerpos que saben reconocer esta especie de carnet de identidad del tumor?

¿Son suficientes los anticuerpos antitumorales?

La respuesta cruda es: no. Desde hace unos años los investigadores saben producir en cantidades potencialmente ilimitadas anticuerpos puros, los anticuerpos monoclonales, (*Mundo Científico,* n.º 8, p. 864, 1981) entre los que los hay capaces de reconocer los antígenos asociados a ciertos tumores humanos. Este año, el grupo de Miller y Levy en Stanford y el de Schlossman en Boston han inyectado por primera vez, a enfermos que padecían tumores sanguíneos, anticuerpos monoclonales de ratón que reconocían un antígeno presente en las células cancerosas de dichos pacientes. En ambos casos, del 95 al 98 % de las células malignas desaparecieron en las horas siguientes a la inyección. Por desgracia, pocos días después, la enfermedad reemprendía su camino: la mayoría de las células habían escapado a la destrucción y proliferado de nuevo (*Mundo Científico,* n.º 9, p. 993, 1981).

Estos anticuerpos reconocían bien al tumor, pero su actividad era insuficiente. Entonces ¿por qué no recrear esta actividad completamente, fijando químicamente a estos anticuerpos las sustancias conocidas por su toxicidad? Los anticuerpos aportarían al tóxico la selectividad que le falta. Esta idea no es nueva. En 1958, el Profesor Mathé de Villejuif proponía este método y tentaba las primeras experiencias, seguido en este camino por otros muchos equipos[1] anticuerpos dirigidos contra las células tumorales. Los experimentos consistían ya en armar con agentes neoplásicos convencionales como el clorambucil, el metotrexato, la daunomicina... Sin embargo, los resultados quedaron sólo en prometedores, sin que nada utilizable saliera de los laboratorios. Había bastantes razones para ello: la impureza de los anticuerpos, la toxicidad insuficiente de las drogas emplea-

(1) G. Mathé y otros, *C.R. Acad. Sci., 246,* 1626, 1958.

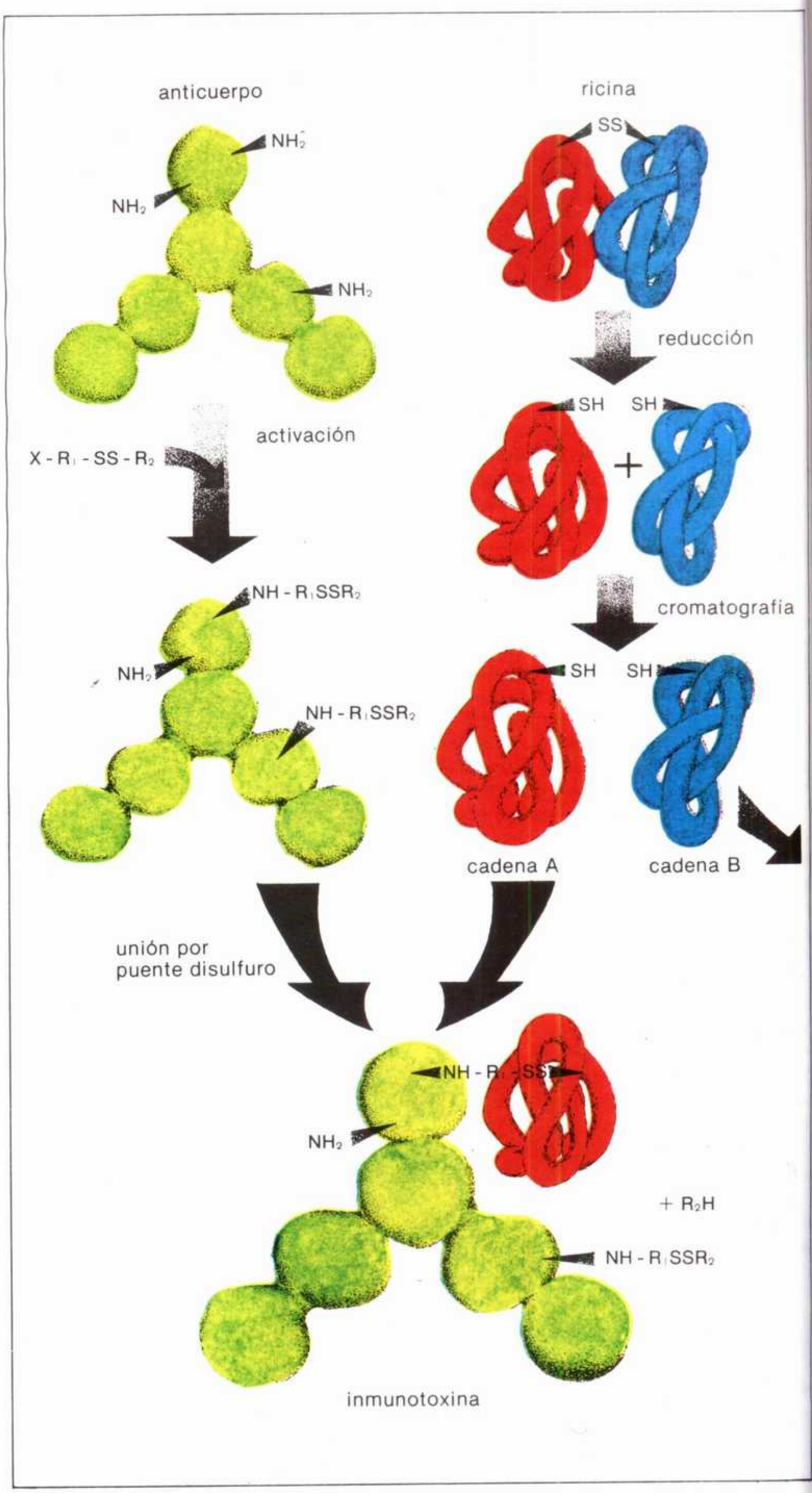


Figura 2. **En la ricina, las dos subunidades están unidas por un puente disulfuro. Esto permite separarlas por simple reducción (derecha). Para imitar esta unión en la inmunotoxina se forma un puente sintético entre la parte anticuerpo y la cadena A; el grupo tiol libre de esta última reacciona con un disulfuro mixto activado, artificialmente introducido en el anticuerpo por modificación de un grupo amino (el anticuerpo no posee ningún tiol libre). Esta activación se obtiene con la ayuda de un reactivo heterobifuncional. Se controla la estequiometria de todas las etapas con el fin de obtener un número de cadenas A unidas al anticuerpo determinado de antemano, que varía entre 1 y 3.** (Según dibujo de X. Canat.)

das (son necesarias 20 000 moléculas de clorambucil para matar una célula). Al menos, debía cambiarse el agente tóxico.

¿Cuál es el mejor veneno?

El «buen» veneno no se encontrará, pues, entre las drogas antitumorales clásicas. Se necesita demasiada cantidad y los anticuerpos armados con un número excesivo de estas moléculas pierden su actividad. Por consiguiente, ha sido necesario dirigirse hacia aquellas sustancias de las que una sola molécula causa la muerte de la célula que los incorpora. Los venenos vegetales y bacterianos, que vuelven a estar de moda en criminología, son bien conocidos de los bioquímicos: la toxina diftérica, ciertas toxinas vegetales como la ricina (extraída de la semilla del ricino), la α-amanitina (extraída de ciertos hongos), etc. Estas moléculas son proteínas que en la actualidad se sabe fijar sobre anticuerpos. De hecho, los anticuerpos armados de este modo matan a las células cancerosas *in vitro*. Pero, también a las células sanas. ¿Por qué? A causa de las propiedades de fijación de las toxinas: así, la toxina diftérica se fija sobre su receptor en la superficie de cualquier célula; de igual modo, la ricina se fija sobre toda galactosa que se le ofrece.

El buen veneno deberá perder pues, en primer lugar, sus propiedades de fijación intempestivas. Por suerte, una molécula como la ricina (y también la toxina diftérica) está constituida por dos grupos peptídicos diferentes: la cadena A es portadora de toda la actividad tóxica; la cadena B lleva el lugar de reconocimiento de la galactosa. La cadena A sólo es activa cuando el complejo A/B queda fijado por B sobre la célula. De aquí proviene la idea, puesta en marcha en 1975 en Montpellier, en nuestro laboratorio del centro de investigaciones de Clin-Midy, de preparar la cadena A de la ricina, de purificarla al extremo y de utilizar las cadenas A —portadoras de toda la toxicidad potencial, pero incapaces de expresarla— para ligarlas a los anticuerpos. Puesto que el grupo A solo no se fija sobre nada, su presencia en el organismo no tendrá ningún efecto desagradable; por el contrario, transportada hasta el pie del cañón, a la célula cancerosa por el anticuerpo adecuado, la cadena A debería poder penetrar y matar específicamente la célula reconocida por aquél.

La fabricación de la inmunotoxina

Esta molécula híbrida, la inmunotoxina, es más fácil de concebir que de realizar. Desde 1978, fecha en que registramos nuestra primera patente, tanto nuestros trabajos como los de numerosos grupos extranjeros han permitido encontrar el método para obtener una sustancia provista de plena eficacia y de especificidad máxima.

Por razones de simplicidad técnica, es la cadena A de la ricina la que ha sido escogida como veneno. La toxina diftérica es efectivamente neutralizada por los anticuerpos antitoxina presentes en toda persona vacunada contra la difteria. La toxina del ricino es relativamente fácil de purificar; además, es abundante y se sabe extraer por decenas de gramos. Por su parte, los anticuerpos deben ser puros; son, pues, los anticuerpos monoclonales (de ratón, en espera de los humanos) los vectores escogidos. Cierto, que sólo algunos monoclonales antitumores humanos son conocidos, pero nada se opone a que se logre un repertorio más extenso. Numerosos laboratorios de todo el mundo se emplean a fondo en ello. En fin, la toxina debe fijarse al anticuerpo de modo estable, sin que ni una ni otra pierdan sus propiedades respectivas. Del mismo modo, esta unión química debe ser fácilmente rota cuando el anticuerpo armado se fije sobre la célula.

Actualmente ya son varias las estrategias posibles, están perfectamente comprobadas. Así, han empezado a ser producidas inmunotoxinas, por el momento utilizadas con fines experimentales (fig. 2).

Las inmunotoxinas mantienen su promesa en los sistemas modelo

Las inmunotoxinas que han sido preparadas de este modo reconocen específicamente los antígenos bien presentes en ciertos tumores de ratón[2] bien asociados a ciertos tumores humanos.[3,4] En todos los casos reconocen específicamente *in vitro* a las células objetivo y las matan. En nuestra experiencia, es necesario de 1000 a 100 000 veces más reactivo para matar una célula sana que para matar una cancerosa. La selectividad es, pues, elevada. Por otro lado, las células cancerosas, a condición que sean reconocidas por el anticuerpo, son igualmente sensibles al tóxico, lo que no es el caso para todas las drogas antitumorales. Todo ello referido a células cultivadas *in vitro*. En el animal vivo, al que se le induce un tumor por inyección de células tumorales, las inmunotoxinas se revelan capaces de detener el desarrollo tumoral.

Las aplicaciones clínicas están todavía lejanas

Estos resultados son muy prometedores. Sin embargo, las condiciones experimentales no son comparables a la situación que podría encontrarse en clínica humana, donde cabe esperar muchos problemas. Así ¿cuál es el repertorio real de los antígenos de tumores humanos? ¿No producirá el organismo con demasiada rapidez, en el transcurso de un tratamiento largo, anticuerpos que inactivan la toxina? ¿No serán neutralizadas las inmunotoxinas por los antígenos del tumor liberados por la célula y circulantes en la sangre? ¿Serán capaces de atacar tumores de gran tamaño? ¿Serán suficientemente activos para actuar antes de que las células tumorales se les escapen, por ejemplo, dejando de expresar el antígeno? No hay respuesta completa a estas preguntas. Sin embargo, el rápido avance en este campo en el transcurso de los últimos años permite ser optimistas y esperar que las soluciones sean descubiertas a su debido tiempo.

Ocurra lo que ocurra, apostamos a que las inmunotoxinas encontrarán fuera de la cancerología aplicaciones originales, por ejemplo en la manipulación del sistema inmunitario (*La Recherche*, nº 126, p. 1056, oct. 1981).

Por otra parte, lo cierto es que las inmunotoxinas son un buen ejemplo de la concepción racional de un medicamento. Esta vez la sustancia ha sido conceptuada antes de ser fabricada. Esto no quiere decir que las aplicaciones clínicas sean inminentes: muchos esfuerzos y obstáculos quedan por delante hasta transformar este producto de la ingeniería molecular en realidad clínica de todos los días.

Pierre Casellas y Pierre Gros.

Para más información:

- A. Cunningham. *Understanding immunology*, Academic Press, 1978.
- E. E. Sercarz y A. J. Cunningham, *Strategies of immune regulation*, Academic Press, 1980.
- «Colloque Jacques Oudin», *Annales Institut Pasteur*, vol. 130 C, 1979.
- Fougereau y J. Dausset (ed.), *Immunologie 1980*, Academic Press, 1980.
- N. K. Jerne, *Harvey lecutre, 70*, 93, 1976.
- J. F. A. P. Miller, *Thymus, 1*, 3, 1979.
- J. Oudin, in *The antigens, 2*, 277, 1974.
- J. Urbain, C. Wuilmart y P. A. Cazenave, in *Contemporary topics in molecular immunology*, vol. 8, p. 113, 1981.
- C. Bona, J. Hiernaux, 1981, Critical Reviews in Immunology.

(2) H.E. Blythman y otros, *Nature, 290*, 145, 1981.
(3) F.K. Jansen y otros, *Immunol. Rev.* en prensa.
(4) D.G. Gilliland, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 77*, 4539, 1980.

El ozono de la atmósfera

por Christian Muller

Christian Muller estudia la estratosfera desde 1971 en el Institut d'Aeronomie Spatiale de Bélgica. Sus trabajos tienen por objeto determinar la composición de la atmósfera mediante técnicas de teledetección desde el suelo o con el empleo de globos sonda.

■ El ozono, al absorber los rayos ultravioletas más nocivos, brinda a la vida terrestre una protección natural muy eficaz. Su destrucción podría acarrear graves consecuencias: alteraciones climáticas, interrupción de la fotosíntesis de los vegetales, aumento de los casos de cáncer de piel,...

■ Actualmente, se sabe que la atmósfera, y en especial el ozono, están siendo modificados cada vez más por la actividad humana y por la aparición de nuevos compuestos de origen industrial. Aunque los aviones supersónicos e incluso, según parece, las pruebas nucleares no parecen representar mayor peligro, el aumento de los «freones», compuestos clorados utilizados habitualmente como refrigerantes, eleva el riesgo de destrucción del ozono.

■ No cabe excluir, pues, la posibilidad de graves consecuencias. ¿Permitirá la investigación actual superar este peligro?

■ Las capas más altas de la atmósfera constituyen uno de los últimos reductos inexplorados del medio terrestre, también uno de los sistemas más sensibles a las actividades humanas. Desde hace unos veinte años se viene comprobando la aparición de nuevos componentes, de origen claramente industrial: los «freones» o clorofluorocarbones, utilizados habitualmente en refrigeración y en pulverizadores tipo «spray». Por otra parte, las explosiones nucleares y, de forma menos localizada, el aumento del tránsito aéreo a gran altura suponen la incorporación a la atmósfera de cantidades importantes de monóxido de nitrógeno (NO).

En la actualidad, y tal como veremos, la actividad humana tiende a producir ozono en las zonas bajas de la atmósfera; como contrapartida, todos los modelos señalan la destrucción del ozono por encima de los 20 km de altura, por causa de los clorofluorometanos (CFM) y óxidos de nitrógeno. La combinación de estas dos tendencias lleva a un cierto equilibrio, que hace que la cantidad total de ozono se mantenga relativamente constante.

Sin embargo, es innegable que se han añadido a la atmósfera terrestre nuevos constituyentes sin pararse a considerar las consecuencias fotoquímicas: los cambios inducidos por estas sustancias extrañas podrían resultar, a la larga, peligrosos para la vida terrestre. El ozono (O_3) nos protege de los rayos ultravioletas más nocivos. Cabe decir que actualmente el ozono absorbe la casi totalidad de la radiación ultravioleta «dura» que llega a la Tierra. Se sabe que la máxima sensibilidad de los seres vivos a la radiación ultravioleta corresponde precisamente a la zona del espectro absorbida por el ozono. Pero esta protección es sólo en parte suficiente: toda la vida diurna guarda equilibrio entre la destrucción de su material genético por las radiaciones y la capacidad de reparación que posee. Desde un punto de visa global, los efectos mutágenos de la radiación solar no filtrada por el ozono sobre los microorganismos del suelo y de los océanos podrían comprometer seriamente la supervivencia de la biosfera. Si se produjera un cambio en la cantidad total de ozono, lo cual, hasta que se demuestre lo contrario, no pasa de ser una mera hipótesis, nos veríamos frente a graves consecuencias, tales como cambios climáticos o un aumento de los casos de cáncer de piel.

Sin embargo, a la hora de predecir los efectos de las posibles modificaciones del ozono atmosférico nos enfrentamos con la ausencia de un modelo que explique las relaciones entre un cambio parcial en la cantidad de ozono y los efectos a nivel del suelo. El conjunto de trabajos recopilados en el informe del COVOS (Comité de vuelos estratosféricos), en 1976, lleva a la conclusión empírica de que los efectos mutágenos y cancerígenos aumentarían en proporción doble de la disminución de ozono. Por ejemplo, en caso de que éste se redujera en un 3 %, el número de cánceres de piel de una población afectada aumentaría en un 6 %. En casos particulares, como el de la inhibición de la fotosíntesis de las algas, la sensibilidad es todavía más elevada, y en el caso límite de que el ozono desapareciera por completo, la producción de oxígeno se detendría y la Tierra sería inhabitable.

En estos últimos años, parecía haberse confirmado la realidad del riesgo: la atmósfera terrestre está sufriendo cada vez más modificaciones (*Mundo Científico, 5,* 502, 1981).

Una atmósfera más complicada

La estructura de la atmósfera, tal como hoy la conocemos, ha ido revelándosenos sobre todo a lo largo del siglo xx. Con anterioridad se creía que estaba constituida por un gas perfecto, cuya presión disminuía exponencialmente en función de la altura, y que, al no mediar intercambio de energía, conllevaba asimismo una disminución regular de la temperatura. Esta teoría fue aceptada hasta 1898. El meteorólogo Teisserenc de Bort inició una serie de observaciones de temperatura con termómetros embarcados en globos aerostáticos hasta una altura de 14 km (fig. 1). El análisis de los resultados llevó más de seis años, y después de 581 ascensiones, Teisserenc de Bort pudo anunciar que la temperatura bajaba tal como preveía el modelo primitivo hasta los 12 km, manteniéndose a partir de ahí constante alrededor de los —50° C, constancia que no se alteraba hasta la máxima altura de observación (14 km). De donde la conclusión de que la nueva región descubierta debía ser una zona de gran estabilidad meteorológica, región a la que llamó «estratosfera». La zona inferior recibió el nombre de «troposfera»: zona de mezcla donde el aire caliente de las capas inferiores tiende a subir, estableciéndose una circulación constante. Ochenta años más tarde estas denominaciones todavía están justificadas.

Observaciones de la temperatura realizadas con posterioridad vendrían a completar este resultado, demostrando que la temperatura aumenta por encima de la estratosfera inferior que estudió Teisserenc de Bort y conduciéndonos a la nomenclatura que aparece en la figura 2. A la estratosfera, zona aproximadamente comprendida entre los 12 y los 54 kilómetros, sigue la mesosfera, donde la temperatura disminuye, y que se extiende hasta los 80 km.

La causa de este cambio de temperatura en la estratosfera no estaba clara, y hubo que esperar al principio de los años treinta para que se le relacionara con el ozono estratosférico. Desde finales del siglo pasado se sabía que no llegaba al suelo la totalidad del espectro solar, es decir, la distribución de la energía en función de la longitud de onda. En particular, desde Hartley, en 1880, se observaba un corte hacia los 0,3 μm, longitud de onda que corres-

pondía al espectro de absorción del ozono. También se sabía desde 1850 de la presencia de este gas en la atmósfera terrestre, sin que pudiera saberse cómo se repartía en función de la altura.(1)

Entre 1920 y 1930, los avances técnicos realizados en el terreno de la óptica del ultravioleta permitieron a Fabry y Buisson, en Marsella, a Dobson en Oxford y a Götz en Arosa llevar a cabo análisis cuantitativos. Rápidamente dedujeron que la cantidad total de ozono atmosférico sobre el observador venía a ser, comprimido a la presión existente a nivel del suelo, una fina capa de unos 3 mm de espesor (véase cuadro). La distribución del ozono en función de la altura fue determinada a continuación por Götz, empleando un método extraordinariamente ingenioso. Observando la luz difundida en el cenit a medida que el sol se levanta o se pone, fue posible calcular la altura de la capa donde existía un máximo de absorción debido al ozono. Götz quedó sorprendido al comprobar que la mayor parte del ozono estaba localizado en una capa centrada a unos 25 km de altura, en plena estratosfera. Acababa también de descubrir el motivo de la inversión de temperatura: la absorción de la radiación solar por el ozono implicaba una estabilización, y un aumento después, de la temperatura de la estratosfera.

En 1930, Chapman propuso una primera explicación teórica (fig. 3), en la que intervenía el átomo de oxígeno O: en la atmósfera, el ozono (O_3), el oxígeno molecular (O_2) y el oxígeno atómico (O) están en equilibrio. El O_2 lo producen los vegetales por fotosíntesis. Al llegar a la estratosfera, la radiación solar lo descompone en oxígeno atómico que, a su vez, reaccionando con una molécula de oxígeno, produce ozono. Este ciclo de Chapman explica muy bien la presencia de la capa de ozono centrada a 25 km de altura. Más abajo, el oxígeno O_2 es excesivamente denso y la radiación capaz de disociarlo no puede penetrar. No obstante, por encima de esta capa, los valores calculados para la concentración de ozono son demasiado altos respecto a los que se observan en realidad. Podemos darnos cuenta también de que este primer mecanismo propuesto ya lleva la semilla del problema que va a plantearse: el ozono se crea y se destruye simultáneamente; por tanto, su concentración será sensible a las perturbaciones de ambos procesos. Por otra parte, la velocidad de las reacciones químicas que de una manera u otra implican al ozono de la estratosfera dependen de la temperatura, y ésta a su vez de procesos químicos, a causa de los fotones que intervienen en la fotodisociación de las moléculas de oxígeno.

(1) M. Nicolet, «Étude des réactions chimiques de l'ozone dans la stratosphère», Inst. Royal Météorologique, Bruselas, 1978.

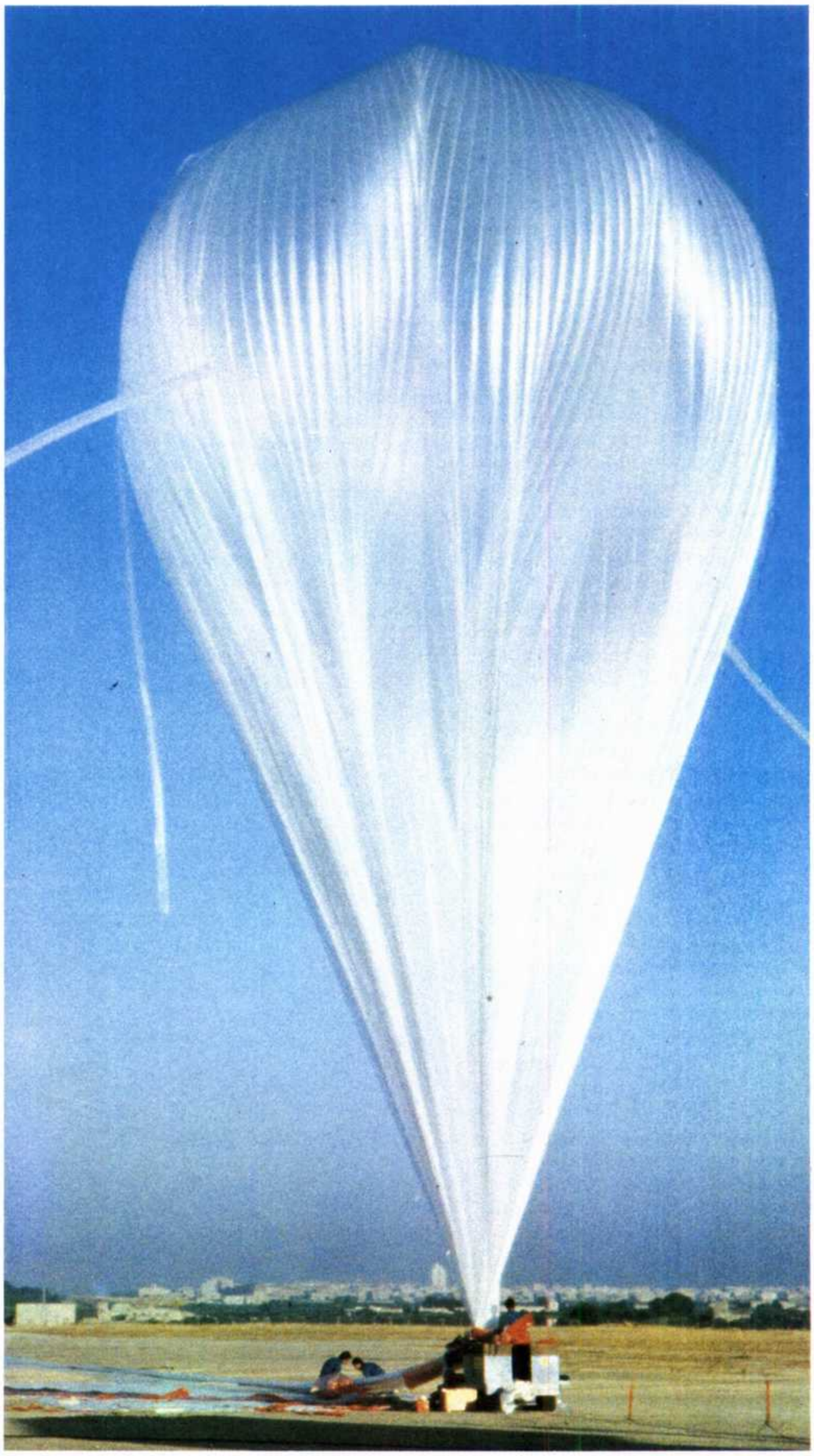


Figura 1. **El globo aerostático es el vehículo explorador de la estratosfera por antonomasia. Puede transportar más de una tonelada de instrumentos, que pueden ser recuperados y reutilizados varias veces. Los instrumentos van en una barquilla situada en la parte inferior del globo, visto aquí en proceso de hinchado, y determinan las concentraciones de los elementos activos en la estratosfera. La tecnología de estos globos ha experimentado un gran desarrollo a lo largo de los últimos veinte años. Las alturas alcanzadas han pasado de treinta a más de 40 km, y la capacidad de carga útil de unas pocas decenas de kilos a más de una tonelada. Aunque se construyan nuevos satélites de observación, los globos seguirán desempeñando un importante papel en lo que se refiere a misiones de verificación de datos y al desarrollo de nuevos instrumentos.** (Foto CNES.)

El Concorde ya no parece constituir una amenaza seria para la capa de ozono. En cambio, los aviones hipersónicos que vuelan a mayor altitud y mayor velocidad han venido a ocupar su sitio en el banquillo de los acusados.

Hacia 1950, las primeras observaciones de constituyentes menores, como el monóxido de carbono (CO), el metano (CH_4) y el hemióxido de nitrógeno (N_2O), así como el descubrimiento de la emisión del radical hidroxilo (OH), llevaron a Bates y Nicolet[1] a desarrollar la primera teoría fotoquímica del ozono, en el marco de una atmósfera más realista (fig. 3). Actualmente suele admitirse que la química de la estratosfera implica más de 150 reacciones. La incorporación a estos sistemas de la dinámica atmosférica hace que una explicación sencilla ya no sea satisfactoria.

En aquella época, las constantes de equilibrio de las reacciones no se conocían con exactitud, lo cual obligaba a los autores a «adivinarlas», con miras a reproducir las observaciones atmosféricas, a su vez muy parciales. De hecho, estas observaciones consistían, muy a menudo, en medidas puntuales en el tiempo y en el espacio, referentes además a un único fenómeno. La abundancia de descubrimientos efectuados a partir de 1957 por encima de los 100 km gracias a los satélites artificiales relegó la investigación estratosférica a una fase de progreso lento y académico hasta 1970.[1,2]

Cábalas en torno al avión supersónico

El desarrollo de la aviación civil, y sobre todo los aviones de tipo Concorde, han hecho que la comunidad científica volviera a considerar el problema del ozono y de la estratosfera (fig. 4). Es comprensible, a la vista de los riesgos biológicos que entrañan, la actitud de los científicos norteamericanos que, hacia 1970, se opusieron violentamente al avión supersónico, tachándolo de posible causa que pusiera en marcha una reacción en cadena que concluiría con la desaparición del ozono.

En 1971, una comisión oficial formada para estudiar el impacto del avión supersónico, diseñado para volar a una altura de 21 km y a velocidad de Mach 3 (unos 3300 km/h), sugirió la posibilidad de que el vapor de agua eyectado actuara sobre el ozono. Sin entrar en consideraciones de tipo fotoquímico, baste saber que la cantidad de vapor de agua en la estratosfera (en condiciones naturales) viene a ser de 3 ppm, para deducir que cualquier entrada artificial de agua es despreciable frente a la cantidad ya presente. De hecho, harían falta unos treinta años para que una flota de quinientos aviones supersónicos pesados que volara diariamente añadiera una cantidad de vapor de agua de magnitud comparable a la ya existente. Más tarde pudo demostrarse fácilmente que las constantes de equilibrio de las reacciones que implican a hidroxilos (OH) y perhidroxilos (HO_2) procedentes del vapor de agua habían sido sobreestimadas para la estratosfera, y no había por qué inquietarse.[3] Por el contrario, la acción del monóxido de nitrógeno (NO) emitido por los motores de los aviones tiene lugar a través de un ciclo catalítico que conduce a la desaparición de una molécula de ozono, que se une a un átomo de oxígeno, sin que resulte modificada la cantidad total de catalizador, el monóxido de nitrógeno (fig. 4). Según este modelo simplista, no hay nada que detenga la cadena, reconvirtiéndose todo el ozono.

El impacto de esta teoría[4] llevó al gobierno norteamericano a crear el CIAP (Climatic Impact Assesment Program), y a los gobiernos francés y británico a crear el COVOS y el COMESA (organismos equivalentes), todos ellos encaminados al estudio de la contaminación de la estratosfera. Pero ya a partir del otoño de 1971 la SNIAS (Sociedad Nacional Industrial y Aeroespacial), antes de la creación de estos comités oficiales, había decidido recurrir a algunos científicos franceses y belgas con el fin de determinar la verdad objetiva en un asunto del que podía sospecharse, tal vez con justicia, que se trataba de una conspiración contra el Concorde.

Afortunadamente, en 1972 tres descubrimientos permitieron considerar la situación desde una perspectiva de mayor tranquilidad. En primer lugar, y des-

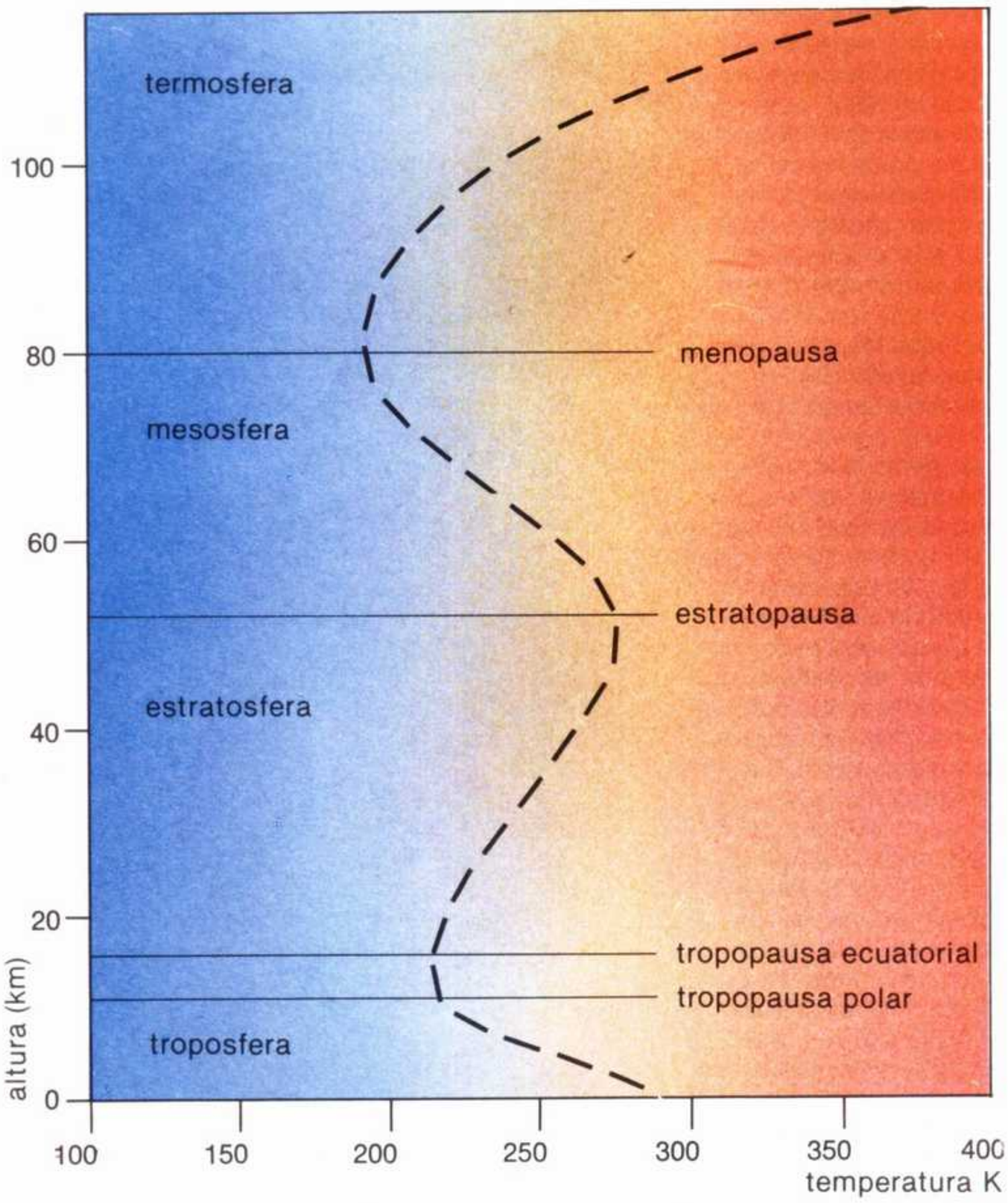


Figura 2. **La división de la atmósfera en capas se basa en diferencias de temperatura. Los límites de estas capas dependen de la latitud y de la estación. En el ecuador, por ejemplo, la atmósfera es caliente y húmeda, y las nubes, cual enormes globos aerostáticos, se elevan hasta grandes alturas. La tropopausa ecuatorial puede así situarse a unos 16 km del suelo, con temperaturas de 180-190 K. En los polos, por el contrario, el aire frío y seco no manifiesta estos fenómenos ascensionales, con lo que las características de estabilidad estratosférica se dan más abajo. La tropopausa polar no está más que a unos 8 km de altura, y su temperatura, paradójicamente, es más elevada (230-240 K). De hecho, la parte inferior de la atmósfera funciona como un inmenso refrigerador cuya fuente de energía, por ejemplo el calor ecuatorial, está en el suelo. La troposfera constituye el circuito de enfriamiento: el volumen del aire aumenta con la altitud, y la temperatura disminuye hasta un mínimo, que se sitúa a nivel de la tropopausa.**

(2) R.M. Goody, *The physics of the stratosphere,* Cambridge University Press, 1954.
(3) E.A. Brun (Ed.), Informe final del COVOS, Société météorologique de France, 1976.
(4) H.S. Johnston, «Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from S.S.T. exhaust», *Science, 173,* 517, 1971.
(5) M. Nicolet, «Aeronomic reactions of hydrogen and ozone», *Mesospheric models and related experiments,* G. Fiocco (ed.), Reidel, 1971.
(6) M. Ackerman, C. Muller, «Stratospheric nitrogen dioxide from infrared spectra», *Nature, 240,* 300, 1972.
(7) D.G. Murcray, A. Goldman, F.H. Murcray, W.J. Williams, J.N. Brooks, D.B. Barker, «Vertical distribution of minor atmospheric constituents as derived from airborne measurements of atmospheric emission and absortion infrared spectra», Second conference on C.I.A.P., DOT-TSC-OST-73-4, 1973.

de el punto de vista teórico, la reacción introducida por M. Nicolet[5] en 1970 ofrecía una fuente natural de óxido de nitrógeno: el hemióxido de nitrógeno (N_2O) producido en el suelo terrestre, al llegar a la estratosfera reacciona con el oxígeno atómico, dando dos moléculas de monóxido de nitrógeno (NO) (fig. 4). En segundo lugar, la presencia del dióxido de nitrógeno (NO_2) a 30 km de altura, detectada en 1969 gracias al espectro solar infrarrojo, fue interpretada por Ackerman y Muller[6] como prueba de la existencia de un equilibrio entre los óxidos de nitrógeno y el ozono en una atmósfera sin perturbaciones de origen humano. Por último, el grupo de la universidad de Denver observó, mediante un globo sonda, la presencia de ácido nítrico (HNO_3), comprobando que la formación de dicho ácido elimina los óxidos de nitrógeno de la estratosfera y acaba con la cadena catalítica.[7]

Se demostraba así la posibilidad de coexistencia del ozono y de los óxidos de nitrógeno, y que una flota reducida de aviones estratosféricos iba, como mucho, a modificar un equilibrio ya existente. El problema no se planteó más en términos de una prohibición absoluta del avión estratosférico sino en términos del tamaño de la flota admisible sin correr el riesgo de introducir perturbaciones.

Paralelamente, se constató que se había procedido a una experiencia sobre la atmósfera que nadie soñaría con volver a intentar: en las pruebas nucleares de 1962, la inyección de óxidos de nitrógeno en la estratosfera había superado la que habrían podido producir todas las flotas imaginables de aviones durante el mismo período, aunque no se pueda conocer con exactitud la cantidad de óxidos de nitrógeno producidos, y que Johnston estimara que no podía representar más que los que podrían generarse por el vuelo de 200 SST norteamericanos durante diez años.[8] Evidentemente, no se ha producido ninguna catástrofe climática durante este tiempo. Pero también es cierto que la red Dobson constató un ligero aumento en los niveles de ozono entre 1962 y 1972, como si la estratosfera se estuviera reponiendo de la agresión sufrida.

Sería excesivamente engorroso describir todos los cambios introducidos desde 1976, pero al término de los programas CIAP-COVOS-COMESA el Concorde se había convertido en un productor de ozono estratosférico de muy poca monta. Actualmente, nuevos progresos en el campo de la química vienen a demostrar que el Concorde puede, desde este punto de vista, considerarse neutro, o como mucho ligeramente destructor de ozono. Resulta obvio que cuanto mayor sea la altura a la que se efectúa la inyección de los productos del avión estratosférico mayor es el efecto sobre el ozono.[9] La zona comprendida entre los 25 y los 50 km, donde la radiación ultravioleta no filtrada puede interaccionar con una atmósfera todavía abundante es la químicamente más activa y, por tanto, la más sensible a las perturbaciones (fig. 5).[10]

Por el momento, los proyectos de aviones hipersónicos que vuelen a alturas superiores a los 20 km con velocidades del orden de Mach 6 (sobre los 7000 km/h) están en la fase de estudios prospectivos. Los aviones actuales, que vuelan a menos altura (17 km en el caso del Concorde) representan un impacto despreciable sobre el ozono, con la excepción de las zonas cercanas a los aeropuertos, donde pueden contribuir en algunos casos a crear un foco de contaminación cuyo control corresponde a las autoridades locales. Sin embargo, hay que seguir observando el balance de óxidos de nitrógeno, en especial en el caso en que una fertilización exagerada del suelo, tal como pretenden algunos científicos norteamericanos, se tradujera en un aumento de las cantidades de hemióxido de nitrógeno (N_2O) tales, que representase una amenaza para el ozono atmosférico. Afortunadamente, y desde que se efectuaron las primeras determinaciones de hemióxido de nitrógeno, hace cerca de treinta años, no se ha registrado ningún tipo de aumento.

Un nuevo peligro: los CFM

Apenas concluida la alerta provocada por el monóxido de nitrógeno, en 1973 surgió el problema del ciclo del cloro. Desde las observaciones de J.E. Lovelock[10] en 1970 se sabía de la existencia de trazas de clorofluorometanos, conocidos comercialmente bajo el nombre de «freones» o «frígenos» ($CFCl_3$ y CF_2Cl_2), en la atmósfera, y muy particularmente en las masas de aire que hubieran tenido algún contacto con áreas urbanas. Estos compuestos se mantienen intactos en la troposfera, pero una vez llegados a la capa de ozono se fotodisocian, liberando átomos de cloro y de flúor. El cloro atómico (Cl) reacciona con el ozono, produciéndose también un ciclo catalítico (fig. 4): destrucción del ozono y de un átomo de oxígeno, conservándose la cantidad inicial de cloro (que actúa como catalizador). La reacción es semejante a la de los óxidos de nitrógeno, pero transcurre a mayor velocidad. El flúor, si no se demuestra lo contrario, no representa ninguna amenaza, al no iniciar ninguna cadena catalítica, como han demostrado diversos trabajos de laboratorio sobre sus constantes de reacción.

El descubrimiento de Lovelock fue poco explotado hasta que Rowland y su ayudante Molina, estudiando la fotodisociación de los freones, lo relacionaran en 1974[11] con la producción de cloro estratosférico. El problema había sido ya abordado tangencialmente en 1973, con motivo del cloro desprendido por el combustible sólido de las naves espaciales y, también, en las erupciones volcánicas, habiéndose llegado a la conclusión de que ambos aportes eran virtualmente despreciables. El problema de los CFM era mucho más serio, de resultas del creciente éxito comercial de los pulverizadores, que, no obstante, se vieron boicoteados tras la difusión de las conclusiones de Rowland y Molina por la prensa norteamericana en 1975 lo que llevó a la industria a reducir su producción, al tiempo que los CFM eran sustituidos por una emulsión de butano y agua (aquasol) como mezcla propulsora. La fabricación de estos productos ha experimentado a partir de 1975 un descenso de cerca del 30 %. En Estados Unidos, el gobierno federal decidió limitar al máximo la difusión de los aerosoles; idénticas medidas tomaron Suecia, Israel, Canadá y Noruega. La Comunidad Económica Europea, donde las industrias químicas tienen un peso importante, esperará a que se produzca la disminución del ozono para actuar. No obstante, parece que una decisión de este tipo podría tomarse a principios de 1982. Por el contrario, el consumo de «freones» en circuitos de refrigeración y en productos en forma de espuma dentro de células cerradas continúa aumentando. Estos gases se liberan a la atmósfera cuando dichos aparatos quedan fuera de servicio y son destruidos. Tal vez el problema principal resida en los aparatos de aire acondicionado de los automóviles, cuya vida media es mucho más reducida que la de los sistemas domésticos.

Todos los modelos apuntan hacia una fuerte disminución del ozono, de alrededor del 15 %[12] si la producción de los CFM se mantiene al ritmo de 1975 durante 50 años (fig. 6). Distintas observaciones, como la del ácido clorhídrico (HCl) en 1975 por el IASB y el ONERA[13], y posteriormente por otros grupos, la del monóxido de cloro (ClO)[12] por parte de grupos norteamericanos y la difícil estima del nitrato de cloro ($ClONO_2$)[12] por el grupo de la universidad de Denver, han confirmado que las reacciones químicas implicadas en la destrucción del ozono se desarrollan en la atmósfera según lo predicho por los modelos.

En la actualidad, una red de estaciones situadas en lugares no contami-

(8) H.S. Johnston, G. Whitten, J. Birks, «The effect of nuclear explosions on stratospheric nitric oxide and ozone», Second conference on C.I.A.P., DOT-TSC-OST-73-4.
(9) H.S. Johnston, «The nitrogen oxides controversy», comunicación presentada en el simposio de la AAAS «The SST controversy ten years later: a case study in the use of science for decision making», Toronto, 1981.
(10) J.E. Lovelock, «Atmospheric fluorine compounds as indicators of air movements», *Nature, 230,* 972, 1971.
(11) M.J. Molina, F.S. Rowland, «Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorineatom-catalysed destruction of ozone», *Nature, 249,* 810, 1974.
(12) R.D. Hudson, E.I. Reed, «The stratosphere, present and future», NASA reference publication 1049, 1979.
(13) M. Ackerman, D. Frimout, A. Girard, M. Gottignies, C. Muller, «Stratospheric HCl from infrared spectra», *Geophys. Res. Let, 3,* 81, 1976.

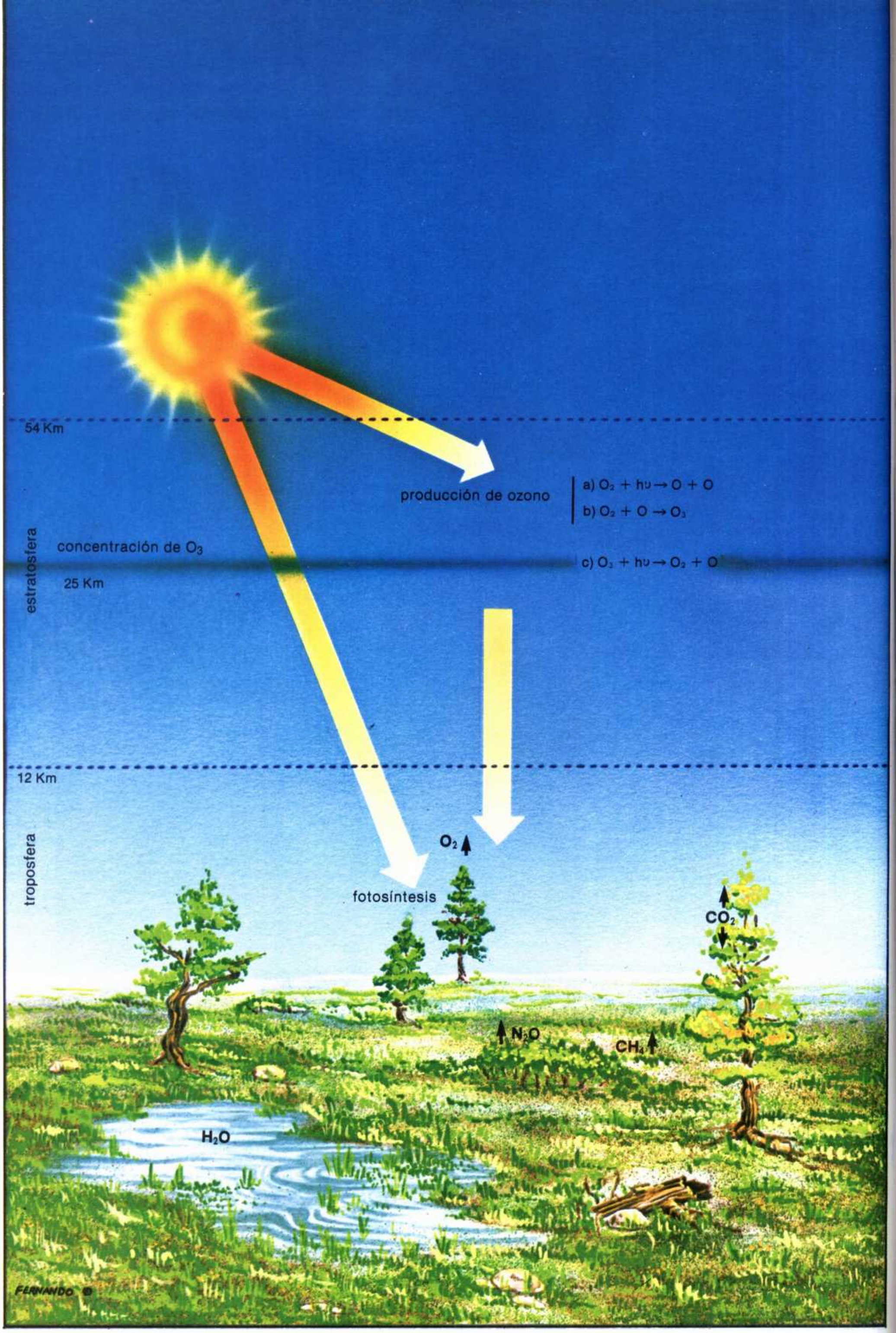


Figura 3. **Aun sin perturbaciones de origen humano, la atmósfera presenta un equilibrio muy complejo. El ozono (O_3) estratosférico se produce en dos pasos:** ***(a)*** **los fotones solares ($h\nu$) disocian al oxígeno molecular (O_2) en oxígeno atómico (O) el cual reacciona inmediatamente** ***(b)*** **con otra molécula de oxígeno para formar ozono. A su vez, una parte del ozono es disociada** ***(c)*** **al incidir sobre él la radiación solar, para la cual actúa como filtro que sólo deja pasar la zona visible del espectro y la parte inocua de la radiación ultravioleta. La luz, una vez llegada a la superficie terrestre, es utilizada por los vegetales para realizar la fotosíntesis, actividad que desprende oxígeno (O_2). La degradación de estos mismos vegetales restituye a la atmósfera metano (CH_4) y hemióxido de nitrógeno (N_2O), que también entran a formar parte del equilibrio del ozono estratosférico. El dióxido de carbono (CO_2) es absorbido por los vegetales durante el día y restituido a la atmósfera mediante proceso de la respiración.**

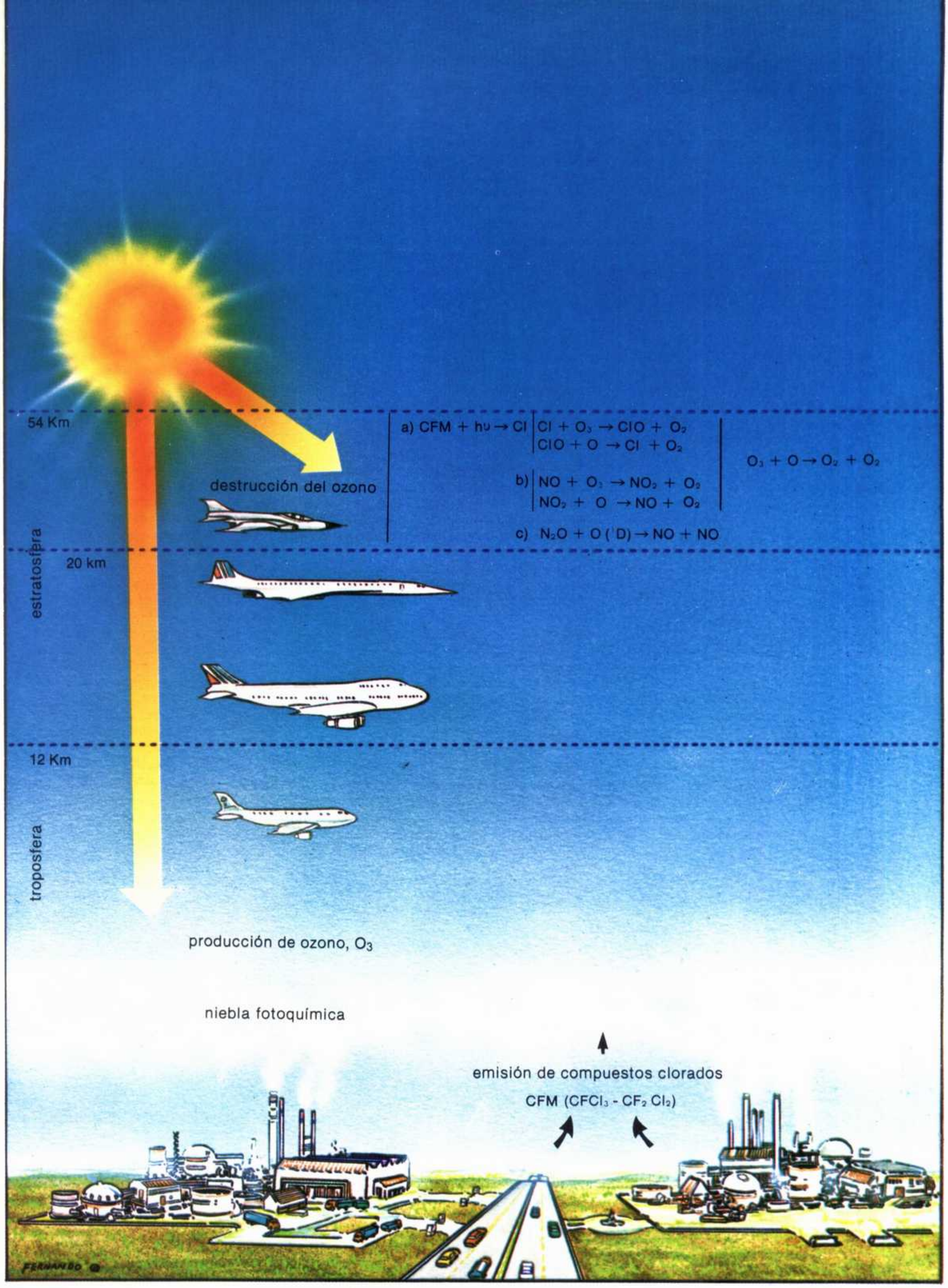


Figura 4. **La atmósfera alterada se caracteriza por inyecciones directas de compuestos activos (óxidos de nitrógeno) que llevan a cabo los aviones en la estratosfera y por la llegada de moléculas producidas en la superficie terrestre (los CFM). Tanto en la troposfera como en la baja estratosfera se producen cantidades importantes de ozono sobre las zonas urbanas, donde las masas de aire contaminado quedan estancadas y sometidas a la radiación solar. Efectos similares, aunque menos marcados, producen los óxidos de nitrógeno generados por los aviones convencionales. Los aviones que vuelan a alturas comprendidas entre 14 y 20 km ni producen ni degradan el ozono. Por el contrario, por encima de los 20 km, el ozono sufre el ataque de los óxidos de nitrógeno y de los compuestos clorados de los CFM. Estos últimos se disocian en Cl y ClO *(a)* a partir de cierta altura, bajo la influencia de la radiación solar todavía no filtrada ($h\nu$). Seguidamente, tanto el cloro atómico (Cl) como el monóxido de nitrógeno (NO) inician reacciones cíclicas *(a y b)*. En cada ciclo resulta destruida una molécula de ozono, mientras que la cantidad inicial del catalizador (Cl o NO) no se modifica.**

A alturas superiores, una fuente natural de nitrógeno, la reacción *(c)* entre una molécula de hemióxido de nitrógeno (N_2O) y un átomo de oxígeno excitado (O'(D)) podría tal vez desempeñar un importante papel natural reduciendo los peligros del NO emitido por los aviones. Esta posibilidad todavía no ha podido demostrarse sin lugar a dudas. Recientes análisis de observaciones hechas por satélites de la NASA permiten estimar que aproximadamente un 5 % del ozono es destruido en la alta atmósfera. Pero no estamos todavía en situación de afirmar si la cantidad total de ozono aumenta o disminuye.

Los globos sonda y los satélites artificiales se relevan en la vigilancia de la evolución de la atmósfera.

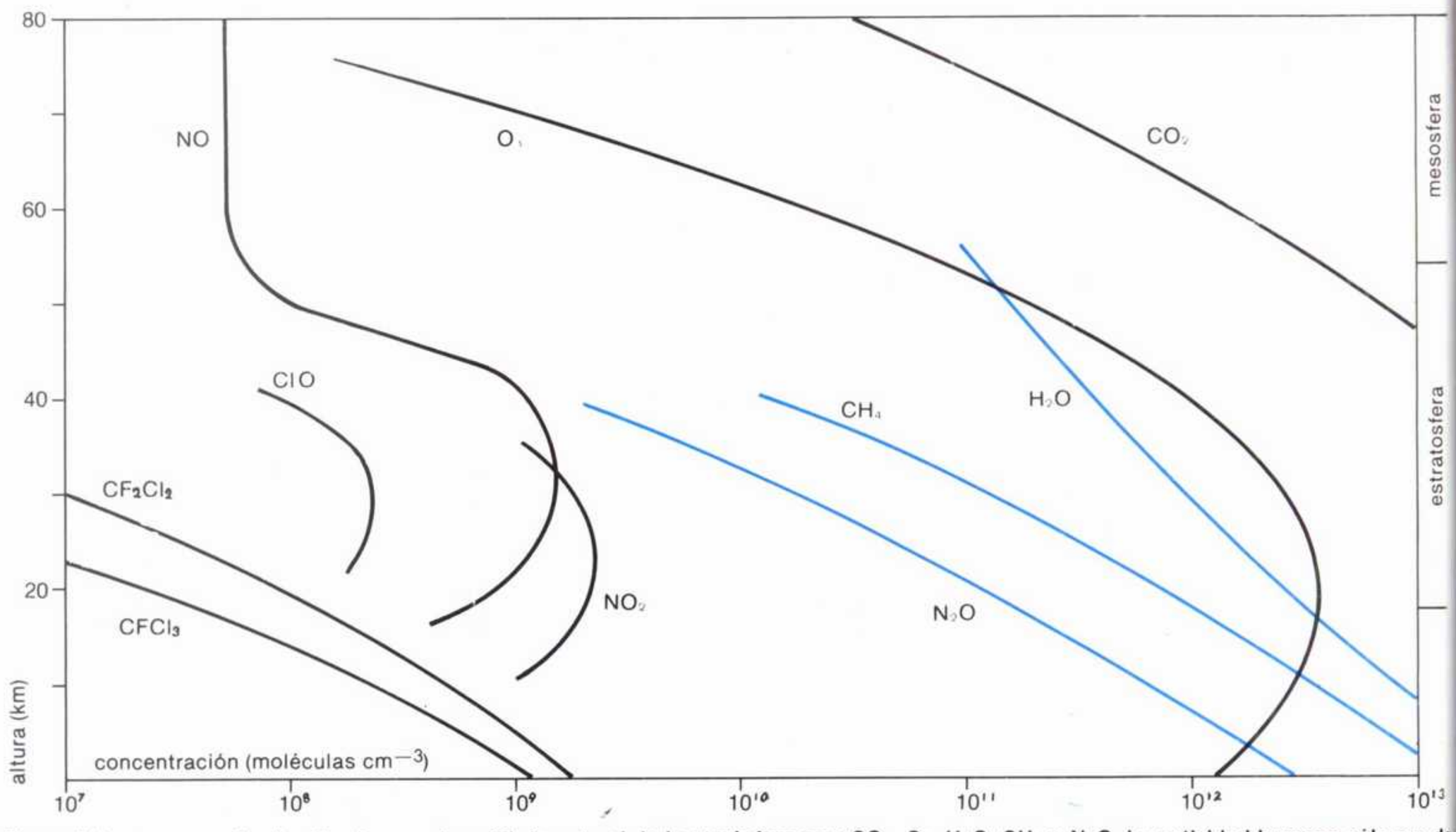


Figura 5. **Los compuestos implicados en el equilibrio natural de la atmósfera son: CO_2, O_3, H_2O, CH_4 y N_2O. La actividad humana sólo puede influir en ellas (directamente) con gran lentitud. Los óxidos de nitrógeno son mucho menos abundantes. Así, una inyección artificial de NO o de NO_2 puede resultar importante. Por último, los compuestos clorados, ClO, CF_2Cl_2 y $CFCl_3$ son aun más raros, encontrándose a concentraciones de cien a mil veces inferiores. La cantidad de ozono, óxidos de nitrógeno y monóxido de cloro es máxima en la estratosfera, pues o bien son excesivamente reactivos como para abundar en la troposfera o bien son hidrosolubles y son arrastrados hacia el suelo por la lluvia.**

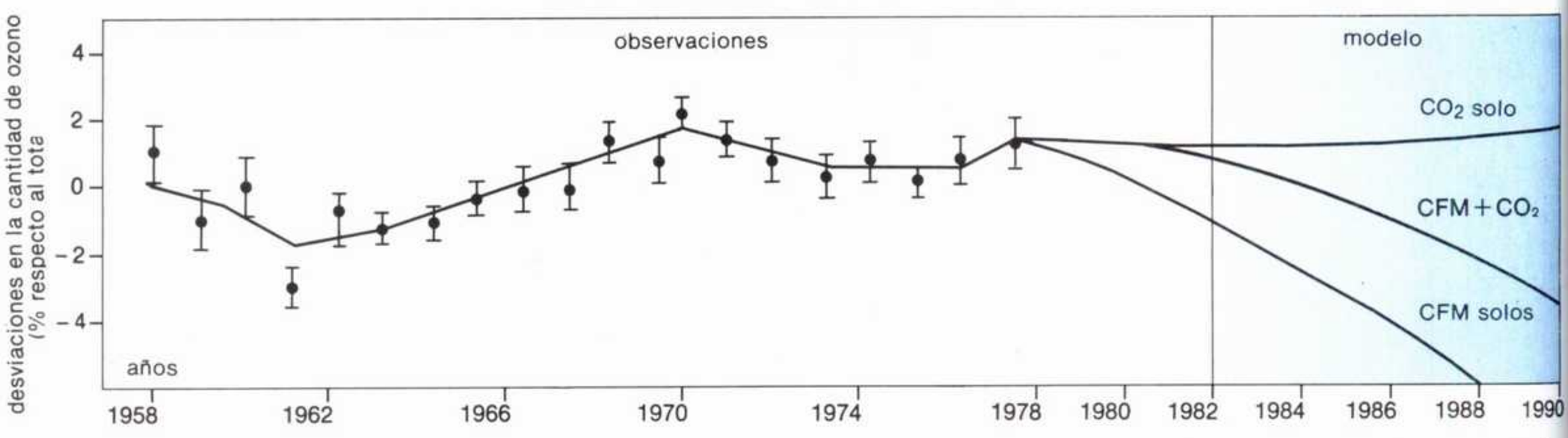


Figura 6. **Cabe concebir diferentes escenarios para la evolución del ozono total en función del tiempo. En la figura se representa la superposición de los valores observados desde 1958 y los resultados obtenidos a partir de un modelo teórico que tiene en cuenta tanto la destrucción del ozono estratosférico por los CFM como su producción bajo la influencia del aumento del dióxido de carbono (L.B. Callis y M. Natarajen, *Geoph. Res. Let., 8,* 587, 1981). Las curvas superior e inferior muestran, respectivamente, los efectos del CO_2 y de los CFM por separado; la intermedia es el resultado de combinar ambos efectos. Puede notarse que aun en presencia de un aumento continuo del CO_2, la cantidad de ozono tiende a disminuir por el efecto de los CFM. La influencia del dióxido de carbono se deja sentir principalmente en el balance térmico de la alta atmósfera, donde produce (al revés del efecto de invernadero del que es responsable a nivel del suelo) una disminución de la temperatura, lo que hace aumentar así la estabilidad del ozono que allí se forme. Según este modelo, la acción de los CFM sobre el ozono debería empezar a notarse hacia finales de los años 80.**

nados miden la cantidad de clorofluorometanos en la atmósfera (fig. 7). Pero, el problema del cloro no está resuelto, como demuestran los datos procedentes de distintos puntos: los compuestos clorados de origen industrial siguen aumentando en la atmósfera, aunque el ritmo de crecimiento parece mostrar ya cierta inflexión; por otra parte, no ha sido demostrado que esta inyección no revista ningún peligro. Esperemos que el esfuerzo de las sociedades químicas por reducir la producción de estos constituyentes rinda sus frutos y que sus niveles se estabilicen.

Sin embargo, un nuevo hecho llegado a nuestro conocimiento cuando íbamos a enviar este artículo a la imprenta parece replantear la cuestión en nuevos términos. Con un nuevo tipo de instrumento óptico, un grupo de la NASA no pudo detectar la presencia de ClO en la estratosfera. La sensibilidad del aparato utilizado hubiera podido medir una cantidad de ClO cincuenta veces inferior a la medida por otros autores.

Si se confirmaran estas observaciones, sometidas a la asamblea general de la American Geophysical Union en diciembre de 1981, sería necesario reexaminar todo el mecanismo del ataque del cloro al ozono estratosférico.[14]

El «smog» y el CO_2, productores de ozono

La química atmosférica se ha visto complicada recientemente por la incorporación a la misma de las reacciones

(14) M.J. Mumma, D. Deming, T. Kostiuk, Hillman, J. Faris, D. Zipoy, *Eos, 62,* 878, 1981.

Observación de la estratosfera

■ Hoy día, el vehículo más utilizado en investigación estratosférica es el globo, que puede elevarse hasta una altura de 40 km. Suelen construirse a base de una película delgada de polietileno, y se llenan de helio o hidrógeno, cuyo volumen final alcanza en ocasiones un millón de metros cúbicos; su poder ascensional les permite transportar barquillas de hasta una tonelada. Globos más pequeños (350 000 m^3) pueden alcanzar alturas equivalentes con barquillas más livianas. En Francia, el CNES dispone de la base de Aire-sur-l'Audour, desde donde pueden efectuarse lanzamientos en primavera y en otoño, periodos en los que, por un fenómeno semejante al de la alternancia de los monzones, los vientos prácticamente no soplan en las alturas. Durante el verano, se organizan también campañas de lanzamientos en Gap. Al revés de lo que sucede en los experimentos con cohetes, el material puede ser recuperado, y los costes del lanzamiento son comparables a los de un simple ensayo industrial de los instrumentos. El vuelo de un globo de tipo medio viene a costar unos 300 000 francos franceses (algo más de cinco millones de pesetas), incluyendo el coste de los instrumentos. Un satélite equipado para investigaciones estratosféricas supone un desembolso de cien millones de francos, teniendo en cuenta también aquí los costes que representa el lanzamiento.

Las técnicas actuales se agrupan en dos grandes familias: la teledetección mediante el estudio de la radiación solar absorbida por la atmósfera, y la medida *in situ,* alrededor de la barquilla del globo. El primer grupo de técnicas suministra observaciones indiscutibles pero difíciles de interpretar, pues es necesario recurrir a un gran conocimiento simultáneo de la espectroscopía de los gases implicados y de la física atmosférica. En el caso del muestreo directo, la interpretación suele ser inmediata, pero el material debe tratarse con extremo cuidado para evitar toda posible contaminación.

El instrumento estándar empleado en la teledetección del ozono es el espectrofotómetro Dobson, que mide la radiación solar ultravioleta recibida a nivel del suelo. Comparando las zonas del espectro en que el ozono se absorbe y aquéllas donde es transparente es posible, mediante un procedimiento ya estandarizado, determinar la cantidad total de ozono por encima del observador. Una red de espectrofotómetros Dobson está siendo utilizada para seguir las variaciones temporales del ozono. Necesitan ser manejados y mantenidos por operadores muy experimentados, y son objeto de intercomparaciones periódicas bajo la supervisión de la Comisión Internacional del ozono; dependen de la Internacional Association of Meteorology and Atmospheric Physics y se hallan distribuidos en varias estaciones, entre las cuales figura el Institut Royal Météorologique de Bélgica; su calibración se efectúa mediante sondeos regulares a gran altura.

Con todo, la precisión de las observaciones, tanto desde el punto de vista instrumental como de las relaciones entre el fenómeno observado y el ozono, son todavía objeto de controversia. No obstante, y después de cincuenta años, no existe aún instrumento alguno unánimemente propuesto como sucesor del «Dobson».

Por último, hay sistemas por satélite, basados únicamente en la teledetección. Desde hace unos quince años la NASA ha venido lanzando una serie de satélites meteorológicos experimentales, los Nimbus, algunos de los cuales son portadores de instrumental destinado al análisis de la estratosfera. Dos de ellos, el Nimbus 4 y el Nimbus 7, llevan dispositivos de medida del ozono; la interpretación de sus lecturas debería permitir establecer una serie de valores de ozono tan precisos como los de la red Dobson. Los instrumentos que en la actualidad pueden ser embarcados en satélites y la altura de las órbitas respecto de la atmósfera hacen que la interpretación de resultados requiera confirmación mediante observaciones en globo o desde el suelo.

En octubre de 1981, la NASA colocó en órbita por encima del polo el satélite Solar-Mesosphere Explorer, primero específicamente diseñado para el estudio de la radiación ultravioleta solar y del ozono en la atmósfera terrestre, entre 30 y 100 km de altura. Aunque no llegue a estudiar el ozono en su punto de máxima concentración, debería permitir un mejor conocimiento de los mecanismos mal conocidos del límite superior de la estratosfera.

El Spacelab y otros elaborados satélites de investigación atmosférica podrán facilitar una vigilancia global de la composición atmosférica desde mediados de la década de los ochenta.

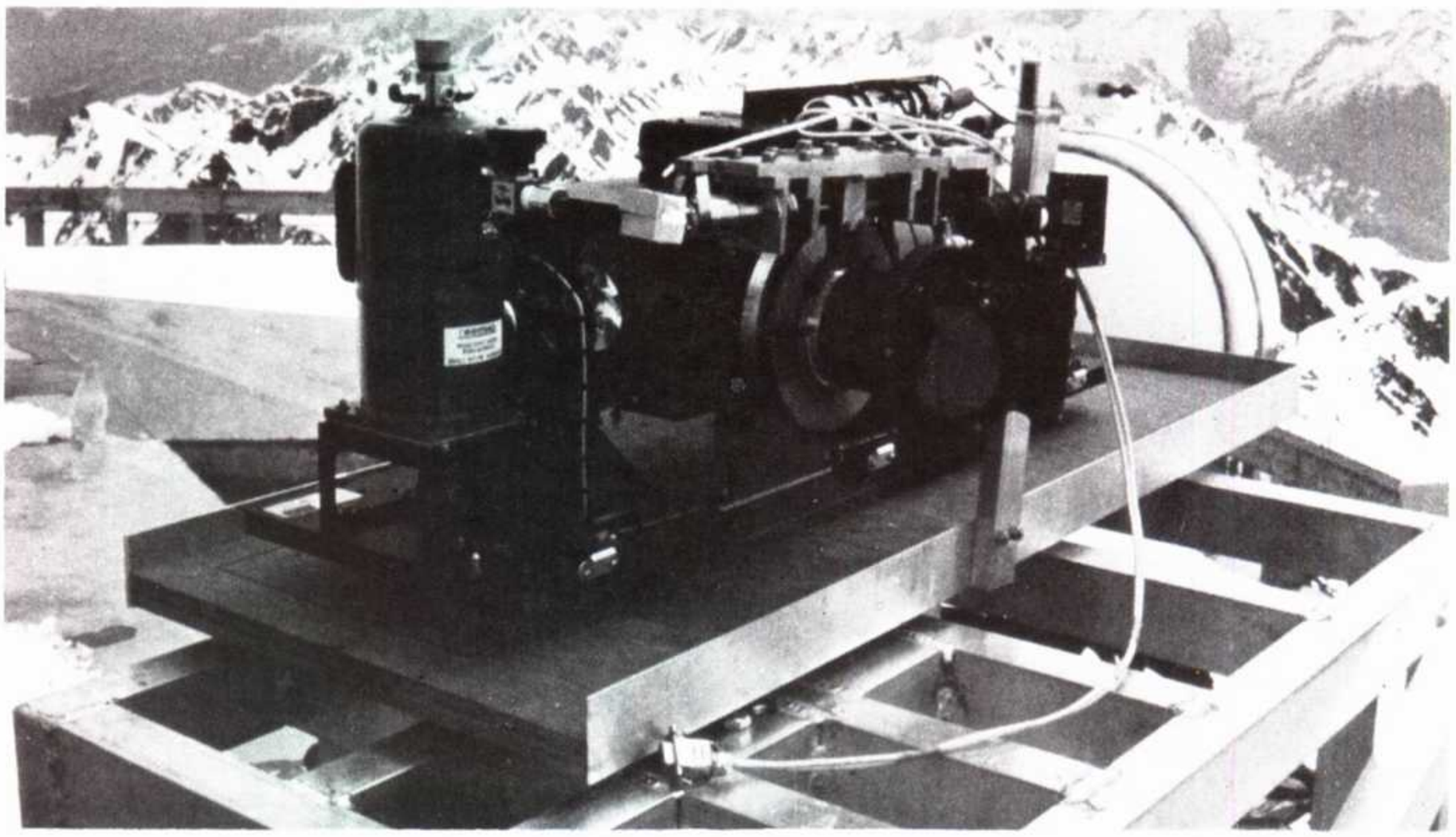
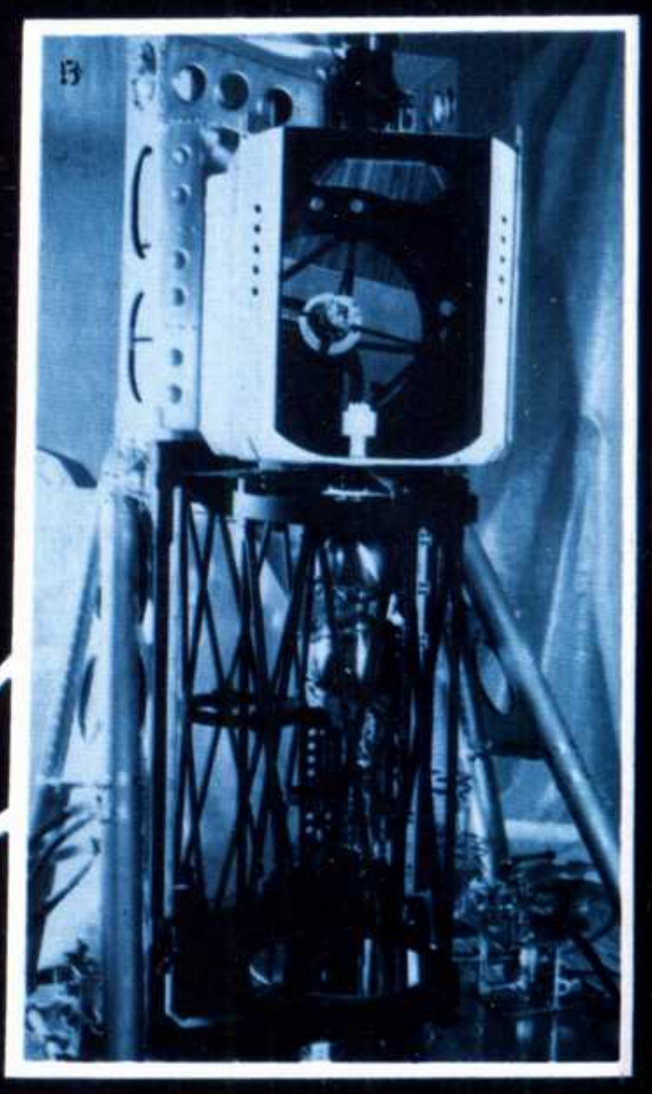


Figura 7. **Este instrumento óptico instalado en el observatorio del Pic du Midi (Pirineos franceses) es un interferómetro capaz de medir la absorción espectral de la atmósfera. La medida de la intensidad de las bandas de absorción de la radiación solar puede servir para determinar la cantidad total de muchos compuestos atmosféricos: H_2O, CO_2, O_3, CH_4, N_2O y los CFM. En particular, la interpretación de los datos ya ha permitido poner de manifiesto el aumento de determinados «freones» durante los años 70. El situar estos aparatos en estaciones de montaña (la foto fue tomada en abril de 1980) responde a la necesidad de efectuar las observaciones con el Sol muy bajo sobre el horizonte, y a través de una atmósfera seca y exenta de contaminantes. Otra ventaja que ofrecen los resultados obtenidos a partir de instrumentos ópticos es que pueden ser verificados y reinterpretados en cualquier momento. Cerca de media docena de grupos de todo el mundo, entre los que figura el instituto de aeronomía espacial de Bélgica (que dirige el interferómetro del Pic du Midi) trabajan en la actualidad en este campo. Pero, se echa de menos una serie de observaciones lo suficientemente larga como para demostrar la evolución de conjunto de todos los constituyentes atmosféricos.** (Foto Observatoire du Pic Midi.)



del «smog», que producen ozono troposférico. En una atmósfera confinada por alguna barrera geográfica, como un valle o una gran ciudad industrial, aparecen compuestos nitrogenados procedentes de los motores de los coches y de las centrales eléctricas. Eventualmente se les añaden diversos compuestos sulfurados originados por actividades metalúrgicas, y carbonados, producto de la combustión incompleta de los hidrocarburos. La radiación solar fragmenta estas moléculas en trozos más pequeños, y también más reactivos. A partir de ahí, y a través de reacciones que implican radicales hidroxilo (OH) y perhidroxilo (HO_2) se produce ozono hasta dosis que incluso pueden resultar perjudiciales para la salud humana.

Otros estudios recientes han desempolvado de nuevo esa vieja serpiente de mar de la física atmosférica: el dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 tiene una importante capacidad de absorción en algunas longitudes de onda del infrarrojo, en las cuales absorbe la radiación emitida por la Tierra y emite a la temperatura de la atmósfera. Si en la troposfera produce un efecto de invernadero, es decir, un calentamiento, en la estratosfera emite más radiación de la que absorbe, contribuyendo a un enfriamiento. En una atmósfera más fría, las constantes de equilibrio de las reacciones que provocan la destrucción del ozono cambian, y la velocidad de tales reacciones disminuye; el ozono es más estable, efecto inverso al producido por el cloro.

El aumento de los niveles de dióxido de carbono ligado al empleo de combustibles fósiles (carbón, petróleo) tiende a acentuar este efecto sobre el ozono estratosférico, e incluso podría, en casos extremos, producir un aumento del mismo en la estratosfera.

¿Existe realmente algún peligro?

Es realmente difícil elaborar un modelo matemático que incluya y tenga en cuenta todos los aspectos mencionados. Los resultados más recientes, presentados en unas sesiones de trabajo de la NASA organizadas en mayo de 1981, parecían apuntar hacia una reducción del ozono, por los CFM, del orden de un 5 %, frente al 15 % propuesto con anterioridad (fig. 6). El impacto de esta reducción sobre los sistemas biológicos es difícil de evaluar. En este campo más que en ningún otro es peligroso citar resultados no sancionados mediante publicación en revistas científicas, pues estos modelos son tan complejos que sus predicciones están siempre sujetas a futuras revisiones.

Según las observaciones resumidas en el informe de la NASA[12], parece que la cantidad de ozono aumentó entre 1962 y 1970, fecha a partir de la cual se produjo una estabilización, probablemente por haberse alcanzado un equilibrio entre su destrucción y creación. El problema básico reside en que las medidas del ozono no son lo suficientemente precisas. El espectrofotómetro Dobson, aparato empleado en estas medidas, permite deducir la parte del espectro solar absorbida por el ozono (véase cuadro). Pero existen grandes similitudes entre el espectro de absorción ultravioleta del ozono y del dióxido de azufre (SO_2), de forma que las medidas efectuadas sobre áreas urbanas pueden verse alteradas de forma aún poco conocida a causa de la contaminación. Más aún, los coeficientes de calibración de estos instrumentos van siendo modificados periódicamente; resulta prácticamente imposible extrapolar estas modificaciones hacia observaciones realizadas con anterioridad. Estos nuevos ajustes son necesarios para atender a los progresos en el conocimiento de la absorción del ozono y a los nuevos trabajos sobre las propiedades ópticas de los aparatos. También es un hecho de todos conocido que algunos de los instrumentos de la red se utilizan mejor que otros; además, las condiciones del cielo y de niebla en que ya no se efectúan observaciones no están estandarizadas.

Estas circunstancias hacen que sea difícil obtener series de medidas comparables; habrá que esperar para ello varios años, empleando además datos de observaciones desde satélites. Todavía no se puede asegurar cuál es la tendencia de la capa de ozono, lo que está dando lugar a una controversia entre estadísticos. En la actualidad y a lo largo de unas audiencias celebradas en el Congreso de los Estados Unidos con el fin de revisar los reglamentos que pesan sobre el uso de los CFM, los responsables de la NASA afirmaron, basándose en observaciones efectuadas por satélites, que el ozono había menguado en un 5 % en los últimos diez años y a una altura de unos 40 km. Tales resultados habían sido obtenidos mediante una técnica única aplicada a los satélites Nimbus 4 y Nimbus 7, técnica que también se basa en la interacción entre la radiación solar ultravioleta y el ozono, siendo los datos de difícil interpretación; pero, una vez más, los resultados no han podido ser comprobados en círculos científicos ajenos a la NASA.

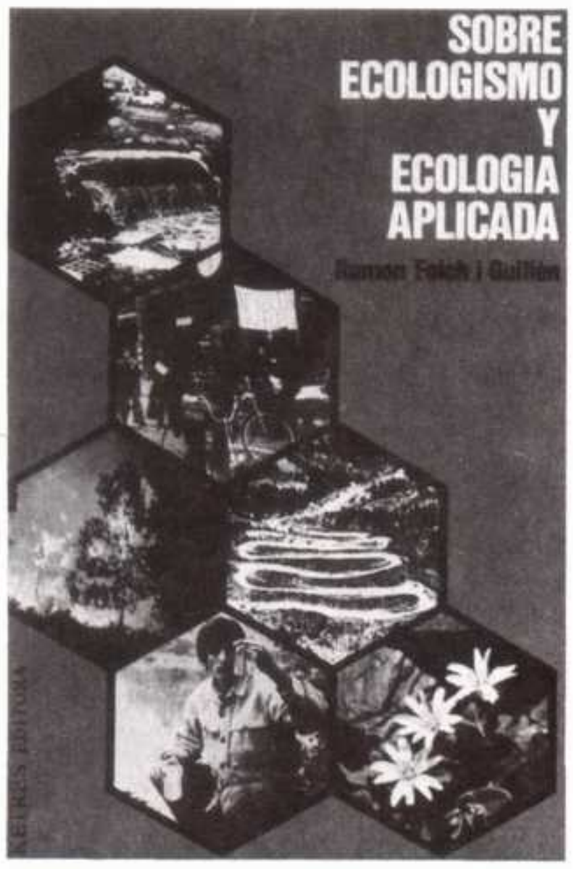
Por último, cabe también la posibilidad de que el ozono se vea influido por fenómenos todavía mal conocidos, como los relacionados con iones, aerosoles, agregados diversos y con la química del azufre. El intento de medir los iones de la estratosfera está en sus primeros balbuceos, y algunos de ellos, ya observados, no han podido ser identificados con seguridad. Los aerosoles, en su mayoría situados en una capa descubierta por Junge[15] en 1961, a 16-17 km de altura, se forman en la estratosfera, y ópticamente se comportan como si fueran minúsculas gotas de agua y ácido sulfúrico. El dióxido de azufre ha escapado hasta ahora a todos los intentos de detección. Por el contrario, sí se ha observado el sulfuro de carbonilo (COS). Es más que probable que los aerosoles desempeñen un importante papel en el intercambio de radiaciones, tal vez comparable al del CO_2, hecho que sólo nos puede confirmar el conocimiento de su distribución vertical, poco conocida en la actualidad. Hasta ahora no se ha tenido en cuenta el papel fotoquímico del azufre: al parecer, las velocidades de reacción son excesivamente reducidas como para influir en el ciclo del ozono. Pero no debemos olvidar el hecho de que más de una vez nuevos estudios de laboratorio han puesto en entredicho resultados que se consideraban definitivos.

Desde el punto de vista experimental, todos los perfiles verticales de la atmósfera ganarían en interés si las medidas por encima de los 35 km se efectuaran con mayor precisión. El límite superior de los globos empleados hasta ahora es de 40 km, lo cual ha contribuido a que se descuidara el estudio de

Figura 8. **La lanzadera espacial de la NASA (A) y el laboratorio Spacelab construido por la Agencia Espacial Europea representarán herramientas importantes al servicio de la investigación atmosférica. El Spacelab consta de un módulo presurizado desde el que dos cosmonautas científicos pueden controlar el desarrollo de los experimentos, y de una plataforma donde podrán colocarse los distintos instrumentos de observación necesarios. La primera misión del Spacelab, prevista para 1983, transportará cuarenta instrumentos, con los que se realizarán unos 80 experimentos en campos que abarcan desde la biología hasta la astronomía. Un espectrómetro (B) desarrollado por el ONERA (Francia) y el IASB (Bélgica) permitirá, en el transcurso de este primer vuelo, medir los principales constituyentes atmosféricos. El instrumento estará controlado por un microprocesador que le hará desarrollar programas de observación predeterminados. El espectrómetro mide la absorción en el infrarrojo de la atmósfera, y la emisión en esta misma banda de sus constituyentes principales. Desde tierra, y a la vista de los datos que se vayan obteniendo, los científicos podrán modificar los programas de observación. Asimismo, también el cosmonauta especializado podrá controlar al instrumento directamente si se produce alguna situación de urgencia. Se ha previsto que la misión dure una semana, pero el instrumento, una vez recuperado, podrá ser reutilizado.** (Foto (A): Agence spaciale Européenne. (B) I.A.S.B.)

(15) C.E. Junge, J.E. Manson, «Stratospheric aerosol studies», *J. Geophys. Res., 66,* 2.163, 1961.

Las pruebas nucleares y los clorofluorometanos, es prácticamente seguro que se utilizarán con más prudencia antes de iniciar una «experiencia» atmosférica.



SOBRE ECOLOGISMO Y ECOLOGIA APLICADA

Ramon Folch i Guillèn

Dimensión social de la problemática ecológica y ecologista. Algunos aspectos de la dialéctica hombre-naturaleza. La problemática ecológica en Catalunya como antiparadigma.

«Podríamos aventurar como hipótesis de trabajo la conveniencia de distinguir entre la ecología o ciencia ecológica (estudio de los ecosistemas), la ciencia ecologista (filosofía del uso social de los ecosistemas) y el movimiento ecologista o simplemente ecologismo (conjunto de partidarios de la ciencia ecologista). El principal problema es que bastantes miembros del movimiento ecologista de todo ello no tienen la menor noticia... lo malo, también, es que los ecólogos, hartos de sentirse incomprendidos —se les pide brillantes respuestas ecologistas en lugar de sólidas informaciones ecológicas— tienden cada vez más a recelar del movimiento ecologista.»

Rústica, 12,5×19,5 cm, 312 págs., 23 ilustraciones, 450 ptas.

KETRES EDITORA

Diputació 113-115, esc. esquerra, entl.
telèfons 253 36 00
Barcelona-15

la estratosfera superior. Es de resaltar la reciente publicación, en 1980-1981, de una serie de trabajos sobre la producción de hemióxido de nitrógeno (N_2O)[16] en la mesosfera, a gran altura, por partículas con carga. El hemióxido de nitrógeno actuaría como una fuente importante de monóxido de nitrógeno (NO) entre los 40 y los 60 km, haciendo que la química del ozono fuera aun más activa a estas alturas.

Para este tipo de observaciones sólo parece existir en la actualidad un tipo de satélite. Un espectrómetro desarrollado conjuntamente por el ONERA y el IASB va a ser embarcado en la primera misión europea Spacelab, prevista para 1983, con el fin de acumular observaciones de esta región tan poco conocida (fig. 8). El instrumento permitirá medir el ozono, así como toda una serie de constituyentes cuya importancia ya ha sido puesta de manifiesto: los óxidos de nitrógeno, los compuestos clorados y los óxidos de carbono. El grado de interdependencia de los constituyentes atmosféricos es tal, que toda observación de uno de ellos redunda en nueva información sobre el comportamiento del ozono.

El desarrollo del *lidar* (instrumento de medida de la radiación reemitida por la atmósfera, constituido por una fuente laser y por un telescopio de recepción) debería, una vez superados los problemas técnicos de su construcción, permitir sondeos estratosféricos en continuo, tanto de temperatura y vientos como, en parte, de composición. La combinación de todos estos medios a lo largo de varios años de observaciones suministrará una imagen global de la dinámica atmosférica y aclarará el problema del comportamiento del ozono de manera definitiva.

Parece claro que nos hallamos ante un caso que presenta una duda no resuelta: por un lado, las inyecciones de cloro atacan al ozono, provocando los riesgos que se han comentado en la introducción; por otro, no ha sido detectado un decremento neto en la cantidad total de ozono. Ambos hechos no son contradictorios, pues la contaminación de la troposfera y el aumento del dióxido de carbono tienden a producir ozono que puede llegar, en la troposfera, a constituir un problema para nuestra salud. En la actualidad, nadie es capaz de afirmar si el equilibrio así alcanzado es estable, y si a partir de un cierto nivel de actividad química se producirá o no una disminución del ozono estratosférico.

A partir de ahí, cabe tomar dos actitudes: la primera de ellas consistiría en esperar que se observe un decremento significativo en la cantidad de ozono, con todos los riesgos que ello entraña si el proceso o sus efectos fueran irreversibles. Una segunda actitud sería limitar el paso de los CFM a la atmósfera, tomando una serie de medidas para evitar su liberación: sustitución por hidrocarburos en la mezcla propulsora de los aerosoles, recuperación de los sistemas de refrigeración fuera de servicio, etc., en el marco de un tratado internacional de protección de la capa de ozono. Esta segunda opción es, por el momento, difícil de poner en práctica, pues existe toda una cadena industrial basada en los CFM. Las consecuencias económicas de la interrupción en este tipo de producción serían inmediatas, mientras que las eventuales repercusiones sobre el ozono sólo se dejarían sentir al cabo de decenios.

Alejándonos algo del terreno científico y entrando en consideraciones de tipo más bien moral, el beneficio de la duda debería favorecer a la vida, y la responsabilidad de suministrar las pruebas de la inocuidad absoluta de las perturbaciones recaer sobre aquellos que las producen. En los tres casos considerados en este artículo, las explosiones nucleares, los vuelos supersónicos y los clorofluorometanos, los efectos sobre la atmósfera se han estudiado después de que se iniciaran las perturbaciones. En dos de estos casos, las pruebas nucleares y los clorofluorometanos, es prácticamente seguro que en la actualidad se obraría con más prudencia, antes de iniciar una «experiencia» atmosférica de semejante trascendencia. ■

Para más información:

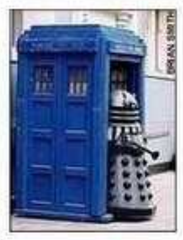
La cuestión del ozono ha generado montañas de documentos, pero muy pocas obras de carácter general; podemos, no obstante, citar:

- De fotoquímica: M. Nicolet, *Étude des réactions chimiques de l'ozone dans la stratosphère.* Inst. Royal Météorologique, Bruselas, 1978.
- Más generales: G. Brasseur, *Introduction à l'étude de l'atmosphère moyenne,* Masson (de próxima aparición, en 1982).
- En inglés, y por lo que hace a las implicaciones político-científicas, puede consultarse L. Dotto, H. Schiff, *The ozone war,* Doubleday, 1978.
- De física atmosférica, P.M. Banks, G. Kockarts, *Aeronomy,* Academic Press, 1973.
- Una exposición muy documentada que permite familiarizarse con todos los problemas atmosféricos es: L.D. Young, *Earth's aura,* Avon Books, 1977.

(16) S.S. Prasad, E.C. Zipf, «Atmospheric nitrous oxide produced by solar protons and relativistic electron», *Nature, 291,* 564, 1981.

ESPACIO DE PUBLICIDAD

EX LIBRIS Scan Digit



The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

https://labibliotecadeldrmoreau.blogspot.com/

El vuelo de los insectos

por John Pringle

John W.S. Pringle ha sido nombrado recientemente profesor honorario del departamento de zoología de la universidad de Oxford. Toda su carrera científica, que empezó en 1938, ha estado consagrada al estudio del vuelo de los insectos

■ **La mayoría de los insectos comunes vuelan batiendo sus alas a gran velocidad, con una frecuencia de hasta mil veces por segundo. Ningún músculo de vertebrado podría funcionar en estas condiciones.**

■ **Esta singular física de vuelo está ligada a la existencia de una transmisión indirecta a las alas de la fuerza desarrollada por los músculos de vuelo; esta original solución ha aparecido en el curso de la evolución en respuesta a la diversificación del medio ambiente de los insectos.**

■ **Los músculos de vuelo de estos insectos tienen unas propiedades fisiológicas, y en último término moleculares, tales que los hacen capaces de funcionar en ciclos autónomos de contracción y relajación, que les permiten batir las alas a semejante velocidad.**

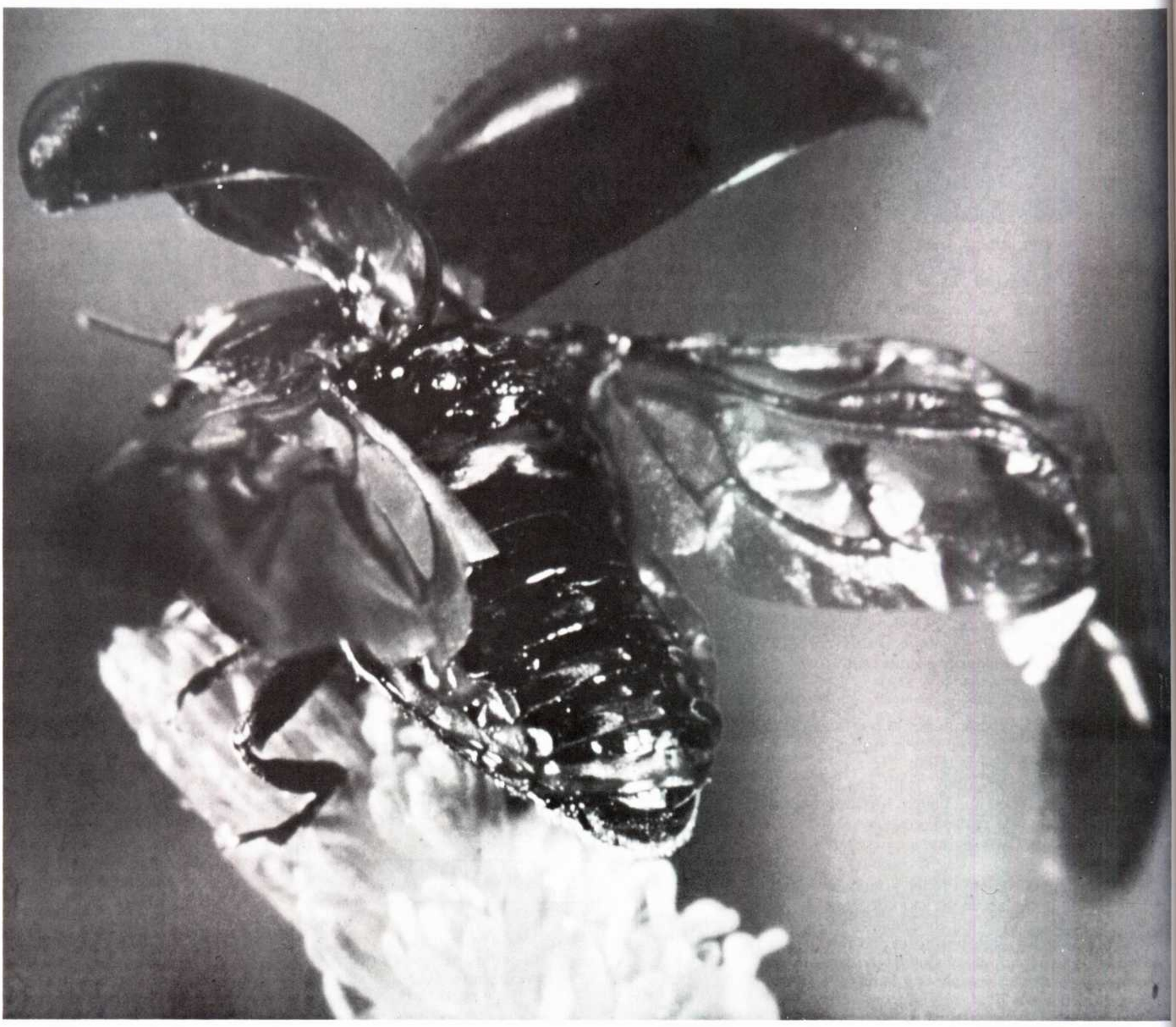


Figura 1. **Esta mariquita ha sido captada por el fotógrafo en pleno vuelo. Dado que la velocidad con la que ha disparado la cámara no era muy elevada, las alas del insecto sólo se adivinan por el trazo de su movimiento. Este fenómeno se debe simplemente a la elevada frecuencia con que los insectos mueven sus alas.** (Foto A. y J. Six.)

■ Sin duda, la primera descripción del vuelo de los insectos es la del autor del libro de Ezequiel, «y por debajo del firmamento estaban extendidas sus alas, que se tocaban dos a dos, la una con la del otro, mientras que las otras dos de cada uno cubrían su cuerpo. Oía el ruido de las alas como ruido de río caudaloso, como voz de Omnipotente, cuando marchaban, como estruendo de campamento; cuando se detenían, plegaban las alas».(1) Este ruido, sí era el que hacían sus alas. Para pasar de esta percepción del vuelo de los insectos a su descripción detallada en lenguaje científico han tenido que transcurrir treinta siglos. En efecto, para describir con detalle el vuelo de los insectos, el investigador se encuentra con dos dificultades principales. En primer lugar, que la mayoría de los insectos son pequeños; luego, que baten las alas con demasiada rapidez para que sus movimientos sean visibles directamente (fig. 1). También ha habido que esperar a mediados del siglo XIX y a contar con instrumentos de observación adecuados, para poder empezar el estudio científico del batir de las alas, de la aerodinámica del vuelo y, más recientemente, de la particular fisiología de los músculos de vuelo de los insectos, todo lo cual ha permitido describir sorprendentes máquinas motrices, que saben transformar directa y eficazmente la energía química en movimiento.

El pionero de estas investigaciones, así como de la mayoría de trabajos sobre los movimientos de animales, fue el fisiólogo francés Etienne-Jules Marey (1830-1904). Hacia 1860, Marey construyó un dispositivo óptico, el «cronofotógrafo», que le permitía la observación de movimientos rápidos, como por ejemplo el de las alas de los insectos (fig. 2). Una de las primeras memorias de Marey se titula *Détermination expérimentale du mouvement des ailes des insectes pendant le vol.*(2) Después de esta proeza técnica, E. Marey, utilizando el cilindro embadurnado con negro de humo que todavía lleva su nombre, pudo medir la frecuencia de batido. Primeras cifras, y primera sorpresa: puede alcanzar valores muy elevados (tabla I); por ejemplo, los mosquitos baten sus alas hasta mil veces por segundo. Así, los insectos de Ezequiel (que eran, sin duda, langostas) hacían ruido al volar porque sus alas se movían a baja frecuencia. Después de Marey, en Francia se siguió estudiando el vuelo de los insectos. Las técnicas de la fotografía a gran velocidad tomaron el relevo del cronofotógrafo. Por otra parte, aumentó el conocimiento de la anatomía de los insectos y, en 1934, el profesor Magnan reunió sus resultados en una importante monografía, *Le vol des insectes,* en la que pasa revista de las teorías sobre los mecanismos de vuelo. Y aquí empieza nuestra historia: una vez conocida la anatomía y descrita la naturaleza de los movimientos, es el turno de los fisiólogos, pues la fisiología de los músculos de vuelo de los insectos no ha cesado de diferenciarlos más y más de los animales vertebrados, ni de plantear cuestiones originales, que seguidamente vamos a tratar.

¿Cómo batir las alas sin sufrir calambres?

En 1934, Magnan clasificó, basándose esencialmente en aspectos anatómicos, los insectos voladores en dos categorías. Algunos insectos, como las langostas o las libélulas, baten sus alas mediante unos músculos alares fijados directamente a la base de aquéllas, lo que, bien mirado, no es tan diferente del movimiento del antebrazo cuando el bíceps se contrae. Otros insectos, como las moscas, las abejas o los mosquitos, baten sus alas gracias a una maquinaria mucho más complicada: evidentemente, el ala está inserta en el tórax, pero es éste el que se deforma bajo la acción de unos músculos llamados músculos indirectos del vuelo. Las deformaciones del tórax se transmiten a la articulación tórax-ala y, de ahí, al conjunto de las alas. Esta complicada maquinaria se completa mediante unos dispositivos de orientación, formados por pequeños músculos reguladores que controlan la transmisión de energía de los músculos indirectos a las alas. En la figura 3 se representan esquemáticamente estos sistemas para comprender mejor el funcionamiento de la maquinaria de vuelo en estos insectos superiores.

En cuanto a los insectos del primer tipo, prácticamente no los vamos a tratar más. En cambio, la existencia de una organización indirecta asociada a elevadas frecuencias de aleteo plantea problemas inesperados y delicados.

Volvamos a la contracción de un músculo normal de vertebrado (*La Recherche,* n.º 60, p. 840, 1975). En primer lugar, estos músculos no se contraen más que cuando les llega la orden de los nervios motores que los inervan: a la unión neuromuscular (placa motora) ha de llegar una señal. Esta señal acciona la contracción, que se desarrolla en un ciclo (transmisión a través de la placa motora, propagación en la fibra, excitación, contracción, y después vuelta al reposo) que dura aproximadamente 10 milisegundos. Si el músculo recibe estas señales con frecuencia excesiva, tiende a contraerse de manera casi permanente, lo que se conoce por «tetania». En estas condiciones, una fibra muscular no puede realizar más que unas decenas de ciclos por segundo. Volviendo a los insectos, no se encontrará nada extraño en el hecho de que una langosta bata sus alas de 15 a 20 veces por segundo. En cambio, resulta más difícil explicar, por los mecanismos habituales de la contracción muscular, el caso de los mosquitos, que baten sus alas de 700 a 1 000 veces por segundo. ¿Cómo evitar la tetania de estos músculos?

Ésta es la cuestión que me interesó en 1948 cuando, después de la guerra, reanudé mi actividad investigadora en Cambridge. Registré las contracciones de los músculos de vuelo de una mosca al mismo tiempo que las señales de los nervios que inervan sus músculos indirectos: la simple lectura del registro muestra que la actividad rítmica de los músculos indirectos de la mosca no es provocada por los impulsos sincrónicos de sus nervios motores (fig. 5). Cuando, por ejemplo, una mosca bate sus alas 155 veces por segundo, aquéllos no llegan a sus fibras sino con una frecuencia de 8 por segundo: no hay sincronización entre la llegada de las señales «motoras» al músculo y la contracción de las fibras musculares.(3) Por tanto ¿qué es lo que desencadena la contracción? ¿qué es lo que la mantiene? Todas estas preguntas se añaden a las ya formuladas.

A la clasificación puramente mecánica y anatómica (insectos de músculos directos o indirectos) se añade una clasificación fisiológica. Como apreció Roeder en Estados Unidos desde 1951 y más recientemente Cullen, los insectos se dividen en dos clases muy distintas:(4) los que no tienen la frecuencia de aleteo controlada por el sistema nervioso central, pero que depende directamente de la resonancia mecánica del tórax y las alas (insectos asincrónicos, como las moscas o las abejas), y los que tienen las contracciones rítmicas controladas por el sistema nervioso central (insectos sincrónicos, como las langostas o las libélulas). Como se puede suponer, los insectos sincrónicos no baten sus alas más de 100 veces por segundo.

Así, para batir velozmente las alas, algunos insectos, considerados superiores, han desarrollado un elaborado dispositivo mecánico que transforma una frecuencia «normal» de señales motoras en rápidos movimientos de las alas; en cierto modo, es como una caja de cambio de velocidades. Este dispositivo «asincrónico» parece exclusivo de los insectos. No se encuentra en ningún vertebrado; incluso los colibríes, que baten sus alas casi 90 veces por segundo, tienen un mecanismo de activación de los músculos alares completamente normal. ¿Por qué, entre los animales de desplazamiento rápido, son los insec-

(1) *Ezequiel,* capítulo I, versículos 23, 24.
(2) E.J. Marey, *Ann. Sci. Nat. Zool., 12,* 49, 1868.
(3) J.W.S. Pringle, *J. Physiol., 108,* 226, 1949.
(4) D.K. Roeder, *Biol. Bull. Woods Hole,* 100, 95, 1951.

Auténtica caja de cambio de velocidades, el tórax de los insectos transforma la contracción de los músculos en movimiento de las alas.

tos los únicos que han desarrollado este mecanismo?

La respuesta a esta pregunta se encuentra sin duda en las características especiales del vuelo por batido de alas. Los movimientos de vaivén de las alas suponen, en efecto, aceleraciones y desaceleraciones muy fuertes al término de cada ciclo, y se puede calcular que la energía necesaria para producir el movimiento alternativo de las alas es igual, o incluso superior al trabajo aerodinámico útil, a no ser que la energía cinética del movimiento de las alas se almacene en estructuras elásticas capaces de devolverla al movimiento deseado. Y ésta es la solución que han «adoptado» los insectos: en la articulación de las alas con el tórax hay unos cojinetes de una proteína «gomosa», la resilina, ligados a otras estructuras elásticas como el tórax de los insectos y los mismos músculos de vuelo. El conjunto de estas estructuras almacena y libera energía en cada aleteo. Así, la unidad formada por estas estructuras elásticas y el ala es un sistema que se encuentra en resonancia y que tiene su funcionamiento óptimo a una determinada frecuencia de aleteo. Ayudarse mediante estructuras elásticas también lo hacen algunos vertebrados, como los canguros, pero la importancia de esta solución para sus desplazamientos rápidos es mucho menor que en el caso de los insectos.

Una transmisión elástica seleccionada por la evolución

Todo indica que en el curso de la evolución, esta forma de volar ha aparecido independientemente en numerosos grupos de insectos que se habían separado hacía mucho tiempo. Los insectos primitivos, conocidos gracias a los fósiles, carecían de alas. Los primeros insectos voladores aparecieron en el transcurso de la Era Primaria. Eran criaturas de gran talla, como las libélulas gigantes, que para volar no debían sino batir las alas lentamente. Muchos zoólogos admiten que, probablemente, a estos animales les bastaba con planear de árbol en árbol, evitando sobre todo posarse en el suelo, donde pululaban los anfibios de lengua prensil. Seguramente, los músculos alares eran músculos de las patas modificados y, sin duda, bajo control directo del sistema nervioso central: debían ser del tipo «sincrónico». Algunos insectos, como las libélulas, apenas han evolucionado desde hace 300 millones de años; se trata por lo general de grandes insectos, cuyas alas son muy grandes en relación al cuerpo, muchos de ellos buenos voladores.

Así ¿cuándo y por qué apareció la «asincronía»? La diversificación de los insectos se produjo durante la Era Secundaria, con la diversificación de su medio ambiente y, en especial, con la aparición de las plantas con flores. A causa del carácter estacional de estos ambientes, he supuesto que para estos insectos era ventajoso adquirir un ciclo de vida adaptado y, en consecuencia, un tamaño menor. Dado que un insecto pequeño no vuela si no puede batir sus alas con gran rapidez, la resonancia mecánica ha debido aparecer al mismo tiempo. Así, por razones climáticas, he supuesto que la «asincronía» se seleccionó como «buena» solución en el transcurso de la Era Secundaria. Y ello ocurrió en muchas especies de insectos, ya separadas entre sí.(5)

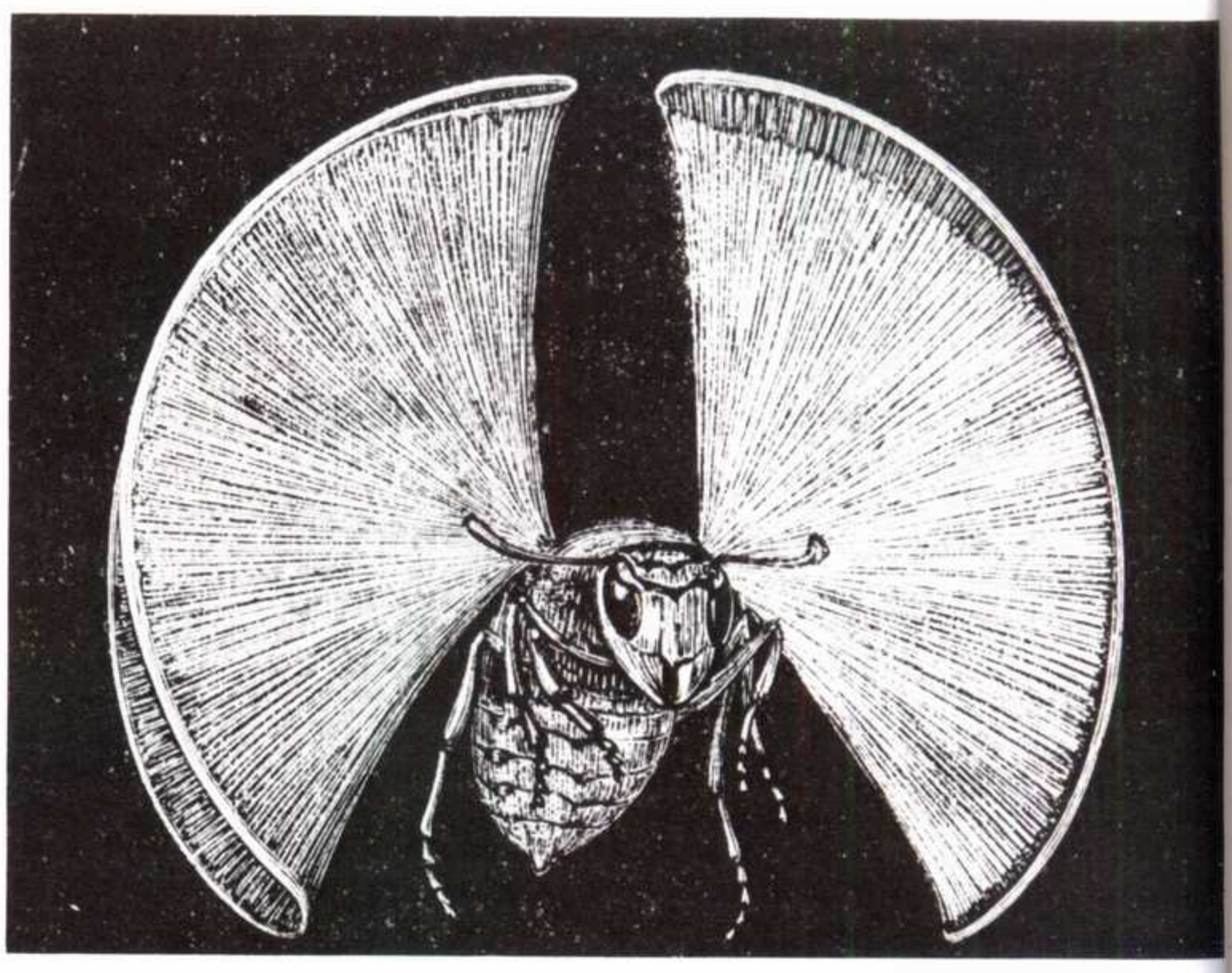


Figura 2. **E. Marey ha consagrado su vida científica al estudio del movimiento de los seres vivos. Este dibujo, tomado de una ilustración de uno de sus artículos de 1968, representa la descomposición del vuelo de un insecto, en este caso de una avispa, tal y como lo ha observado con su «cronofotógrafo».** (Foto J.L. Charmet.)

La oscilación es una propiedad característica de los músculos de vuelo de los insectos asincrónicos

Por tanto, no hay duda de que los insectos han aportado una solución original al vuelo de los seres más pesados que el aire. Pero todo esto no nos explica cómo los músculos asincrónicos establecieron la actividad mecánica rítmica del sistema resonante «ala-tórax-músculo».

Para ello es necesario estudiar las propiedades fisiológicas de los músculos de vuelo aislados. Desgraciadamente, la mayor parte de los insectos «asincrónicos» son muy pequeños, por lo que no se puede aislar sus músculos por disección. Por suerte, algunos insectos exóticos se transformaron en «asincrónicos» en el curso de su evolución, y se mantuvieron así al ir adquiriendo un mayor tamaño, a veces gigante: es el caso, por ejemplo, de los escarabajos y los chinches, en especial de sus variedades tropicales: los escarabajos gigantes del género *Heliocopris* llegan a pesar 20 gramos; el hemíptero tropical gigante *Lethocerus maximus* (fig. 4) puede pesar 23 gramos y medir hasta 10 cm de longitud. Su talla es, por tanto, suficiente para aislar fácilmente por disección sus músculos de vuelo. Y fue con estos músculos aislados con lo que E. Machin y yo mismo estudiamos en 1948, en Cambridge, cómo reaccionan a diferentes estímulos estos músculos de vuelo colocados en un sistema experimental que reproducía la situación músculo-tórax.(6) El principio básico del experimento es el siguiente: un músculo de vuelo de, por ejemplo, un escarabajo, se une a un dispositivo que permite aplicarle diferentes tipos de cargas mecánicas (fig. 6). Al mismo tiempo, se registran las variaciones que sufre la tensión del músculo con respecto a la longitud que la carga tiende a imponerle. En ausencia de todo estímulo por parte del nervio motor, el músculo se alarga muy poco (menos de 1/10 de la longitud inicial). En respuesta, el músculo desarrolla una tensión pasiva considerable. Si el músculo estirado es estimulado entonces por su nervio motor de manera tetánica, se contrae y desarrolla una tensión aún mayor. En estas condiciones, manteniendo la car-

(5) J.W.S. Pringle, *J. Exp. Biol.*, en prensa.
(6) K.E. Machin y col., *Proc. R. Soc., B151*, 204, 1959.

ga y la estimulación eléctrica, si el experimentador disminuye el amortiguamiento, el músculo empieza a contraerse rítmicamente por sí mismo y a oscilar. La tensión es mayor cuando se contrae que cuando se relaja, y el músculo, en este dispositivo, proporciona un trabajo. Al cesar la estimulación, la oscilación disminuye progresivamente hasta que desaparece. Así, la actividad mecánica rítmica de los músculos de vuelo en los insectos asincrónicos está ligada a una propiedad interna de la misma fibra; asimismo, la carga aplicada a la fibra desempeña un papel esencial en la consecución de la contracción oscilante. ¿De qué manera? Si se va cambiando bruscamente la longitud del músculo en tetania, su tensión varía cada vez, pero con un retraso en el tiempo. Este desfase entre el cambio de longitud y la respuesta de la tensión se observa cuando el cambio de longitud se realiza de manera periódica (que es lo que ocurre en condiciones fisiológicas): en este caso, el resgistro de la variación de la tensión en función de longitud del músculo describe un bucle —que representa el trabajo— que gira en sentido contrario a las agujas del reloj.

Mi equipo y yo mismo acabamos de descubrir[7] uno de los puntos clave para la comprensión del vuelo de los insectos: los músculos de vuelo oscilan por ellos mismos, y lo que permite al músculo proporcionar energía en el sistema resonante del tórax y las alas, y por lo tanto mantener la oscilación, es precisamente el retraso entre la subida de la tensión del músculo y el cambio de longitud (el desfase de que hablábamos).

Un sistema así tiene sus propios límites. En primer lugar, límites físicos, por su rigidez: ciertamente, este mecanismo admite pequeñas variaciones en la frecuencia de resonancia, como las producidas por la fractura del extremo de las alas de un insecto, por ejemplo. Sin embargo, existe una frecuencia óptima para la realización del trabajo mecánico, y esta frecuencia es mayor para los pequeños insectos que para los grandes. Por lo tanto, si se quiere que el sistema sea eficaz desde el punto de vista energético, el retraso de la tensión debe ajustarse a la resonancia mecánica del tórax y las alas. Asimismo, el funcionamiento del sistema depende de la temperatura a la que se somete en gran medida la eficacia de los mecanismos que intervienen; los insectos que utilizan este sistema para batir sus alas no pueden hacer funcionar sus músculos a plena potencia más que después de un calentamiento, lo que consiguen mediante repetidas contracciones de aquéllos sin desplegar las alas. En la evolución futura ¿deberán estos insectos desarrollar un sistema de control de su temperatura? En cierto modo, esto ya existe. Algunos insectos, como las

Orden	Especie	Frecuencia del movimiento de las alas	Tipo de mecanismo rítmico
Odonatos	Libélula *(Aeshna juncea)*	35	sincrónico
Ortópteros	Langosta peregrina *(Schistocerca gregaria)*	18	sincrónico
Tisanópteros	Trips *(Taeniothrips atratus)*	210	asincrónico
Hemípteros	Hemíptero tropical *(Lethocerus cordofanus)*	30	asincrónico
Lepidópteros	Macaón *(Papilio machaeon)*	5	sincrónico
	Esfinge abeja *(Aegeria apiformis)*	96	sincrónico
Coleópteros	Cetonia dorada *(Cetonia aurata)*	110	asincrónico
	Pelotero tropical *(Heliocopris dilloni)*	28	asincrónico
Himenópteros	Abeja *(Apis mellifera)*	236	asincrónico
Dípteros	Mosca *(Musca domestica)*	180	asincrónico
	Mosquito macho *(Aedes cantans)*	587	asincrónico
	Moscardón *(Forcipomyx)*	1 000	asincrónico

Algunos insectos corrientes (y otros no tan corrientes, como ciertas variedades tropicales utilizadas en laboratorio) se distribuyen en esta ilustración siguiendo la clasificación zoológica habitual. Estos insectos baten sus alas de 5 a 1 000 veces por segundo; sin ser muy estrictos, se puede decir que el sistema que produce el movimiento (con un control sincrónico o asincrónico de la actividad muscular) será de un tipo de control u otro según la frecuencia del movimiento: los insectos sincrónicos baten sus alas con menor velocidad que los otros.

(7) K.E. Machin y col., *Proc. R. Soc., B152*, 311, 1960.

Gracias a la singular organización de sus fibras, los músculos de vuelo pueden contraerse a gran velocidad.

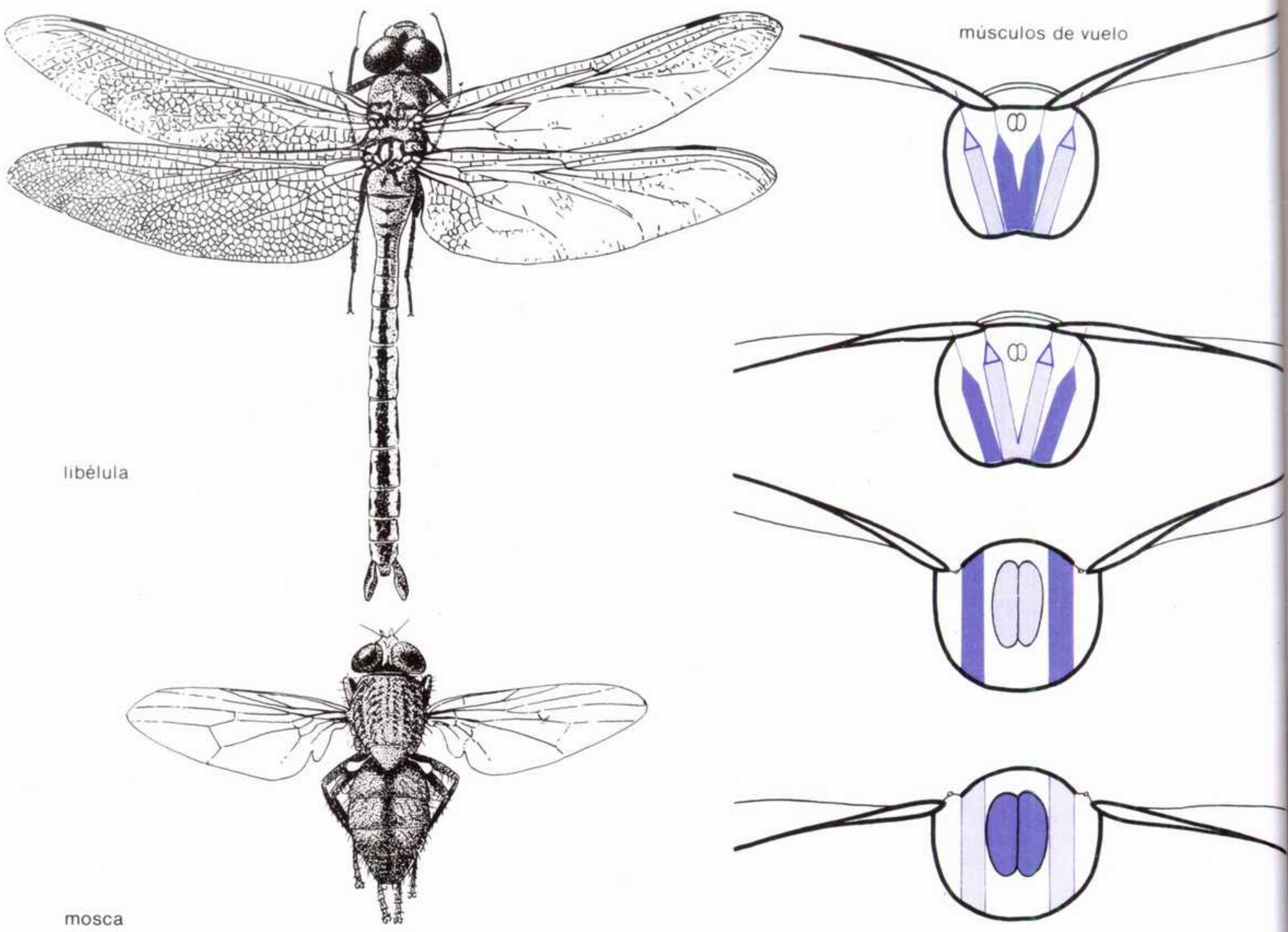


Figura 3. **En la libélula (arriba) los músculos de vuelo se insertan directamente en la base de las alas, por lo que estas baten al ritmo de contracción de los músculos. Por el contrario, en la mosca (abajo) el movimiento se transmite por la deformación de esta caja elástica que constituye el tórax del insecto.**

abejas, pueden mantenerse, de desearlo, a una temperatura de 40° C; en efecto, sus músculos desprenden tanto calor que necesitan un sistema de refrigeración, que en este caso consiste en la circulación de aire por las tráqueas; el resultado es, pues, una especie de control de la temperatura corporal durante el vuelo.

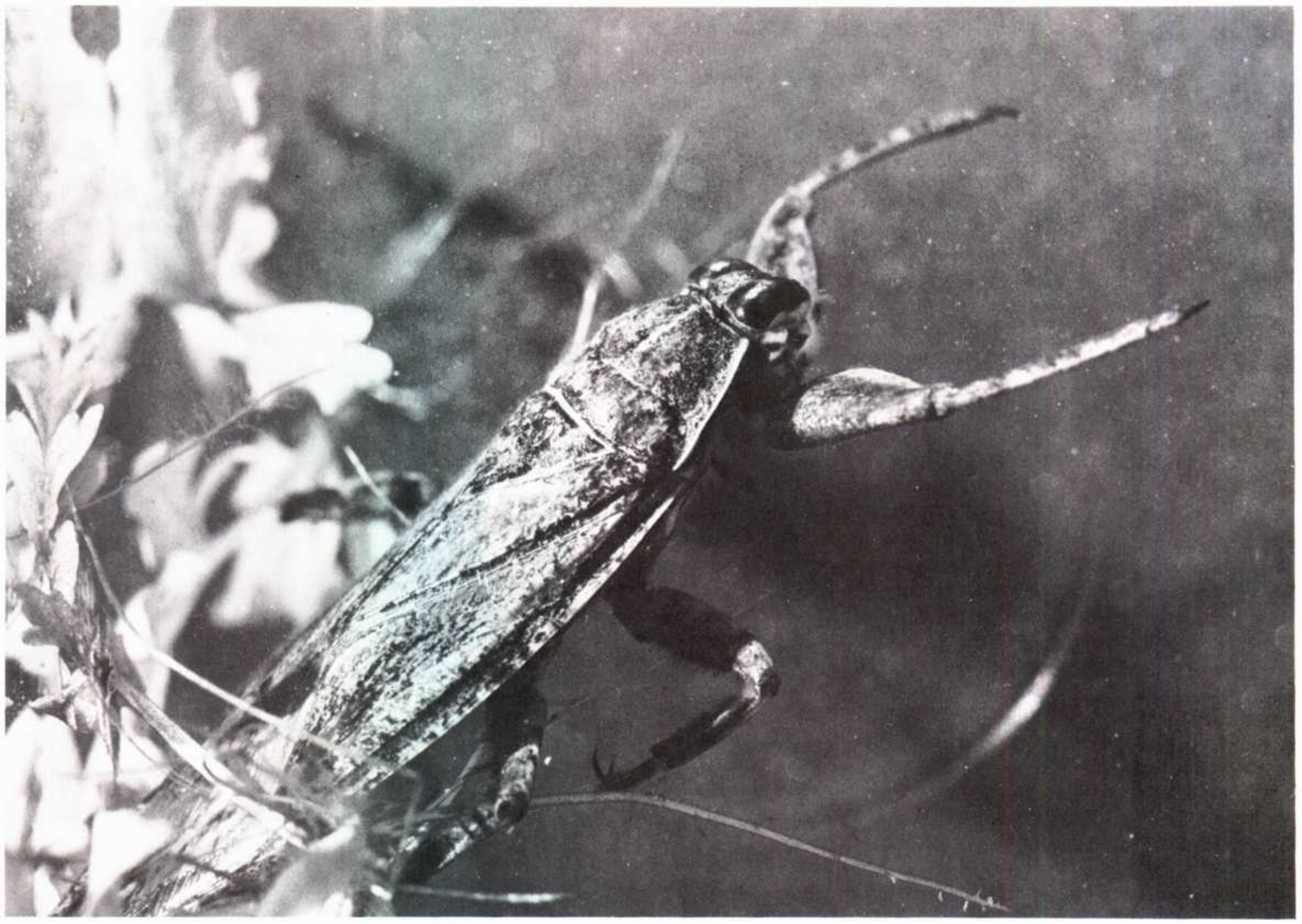
A músculos especiales, miofibrillas especiales

Vemos, así, que los músculos de vuelo de los insectos poseen una especie de propiedad intrínseca que les permite oscilar. Esta actividad mecánica rítmica de los músculos de vuelo de los insectos superiores es muy distinta de la de los músculos de los vertebrados de contracciones rítmicas, como el corazón, por ejemplo. El músculo cardiaco aislado se contrae rítmicamente, sea cual sea la carga mecánica que se le aplique; cada contracción está asociada a la excitación eléctrica simultánea del conjunto de las fibras musculares; el origen de esta actividad rítmica se encuentra en las membranas de las células del músculo cardiaco. Este tipo de actividad rítmica se llama «miogénica».

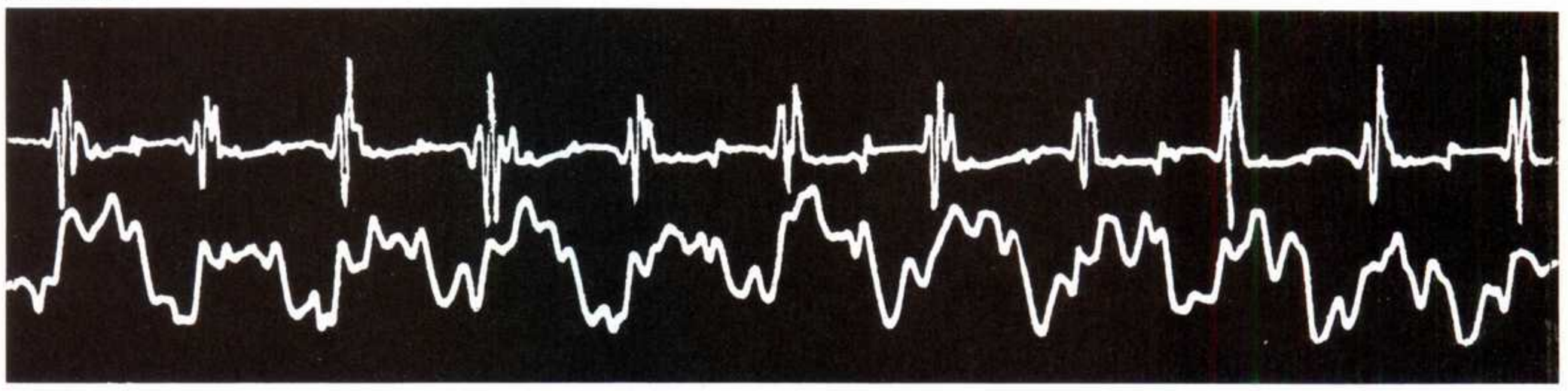
En el caso de los músculos de vuelo de los insectos, la oscilación es provocada por la interacción del músculo con una carga, y no se produce en ausencia de esta última. ¿Qué ocurre a nivel celular? El segundo paso para una mejor comprensión de la fisiología del músculo de los insectos ha sido la observación, realizada por mi equipo y por mí mismo en 1960 en Gran Bretaña, del hecho de que la oscilación de un músculo ligado a un sistema resonante no se acompaña de una actividad eléctrica oscilante sincrónica medida en la membrana de las fibras musculares. Además, si se trabaja con miofibrillas (los componentes contráctiles de la fibra muscular), se observa el mismo fenómeno de oscilación descrito. Durante la oscilación de los músculos asincrónicos, no hay correspondencia inmediata entre la actividad eléctrica y la actividad mecánica de la fibra, de lo que se deduce que la oscilación proviene de las propias miofibrillas.(7)

La organización de la fibra no es igual en los vertebrados que en los insectos (fig. 7). El acoplamiento entre la excitación de la superficie de la célula muscular y la contracción supone la sucesión de una serie de eventos concretos, en los que el calcio desempeña un papel esencial. La excitación se transmite de la superficie hacia el interior de las fibras musculares a través de una red de membranas transversales, que no son otra cosa que invaginaciones de la membrana plasmática de la misma célula. La llegada de la excitación al interior de la célula hace que unas estructuras, esta vez puramente intracelulares (las vesículas del retículo sarcoplasmático que almacenan el calcio), liberen iones calcio, los cuales se combinan seguidamente con las proteínas que controlan la actividad del aparato contráctil de la miofibrilla, con lo que se produce la contracción. Finalizada ésta, los iones calcio son reabsorbidos por el retículo sarcoplasmático.

En los insectos sincrónicos, los músculos de vuelo poseen una red de membranas internas bastante parecida



A cucaracha



B mosca

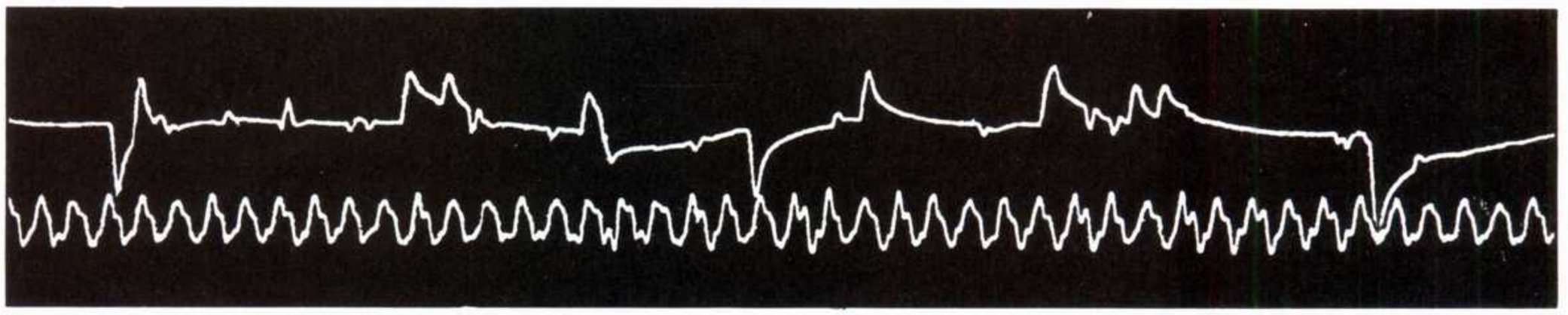


Figura 4. **Hemíptero tropical gigante *(Lethocerus maximus)* fotografiado en su ambiente natural. Estos insectos pueden atrapar peces con sus patas delanteras, y luego licuar su contenido inyectando enzimas digestivos muy potentes. Las especies de mayor tamaño proceden de Trinidad y de América del Sur; pueden alcanzar 10 cm de longitud, y las fibras de sus músculos de vuelo pueden tener hasta 2 cm.** (Foto Animal virus Research Institut.)

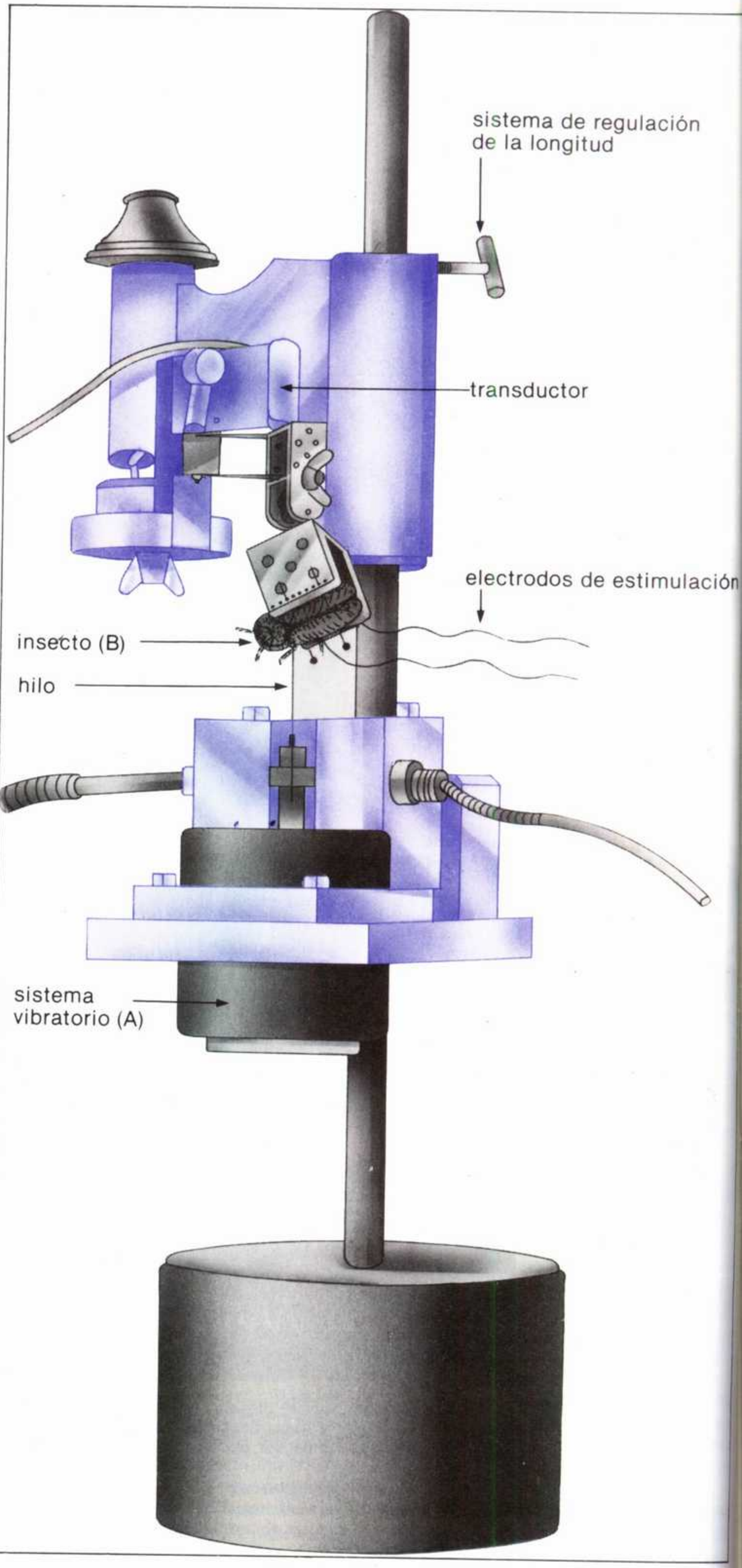
Figura 5. **Al registrar simultáneamente la actividad eléctrica (líneas superiores en** A y B**) y la actividad mecánica (líneas inferiores en** A y B**) de los músculos de vuelo se pueden presentar dos situaciones. En insectos como la cucaracha** (A), **la actividad mecánica y la actividad eléctrica cursan sincrónicamente. En cambio, en la mosca** (B), **las dos líneas tienen frecuencias muy distintas. La cucaracha (que bate sus alas 25 veces por segundo) es un insecto sincrónico, mientras que la mosca (que bate sus alas 155 veces por segundo) pertenece al grupo de los asincrónicos.**

Para comprender el vuelo de los insectos, es esencial tener en cuenta la contracción rítmica, sin control exterior, que realizan las fibras musculares.

a la de los vertebrados: simplemente está adaptada, por aumento de su superficie, a las rápidas entradas y salidas de iones de calcio que exigen las contracciones musculares que, aunque aisladas, se suceden con gran velocidad. En cambio, en los insectos asincrónicos, la estructura de la red de membranas intracelulares es muy distinta: en particular, el retículo sarcoplasmático se reduce a un conjunto de finos túbulos cuya superficie es mucho más débil que en los insectos sincrónicos o los vertebrados. Esta estructura concuerda bastante bien con el hecho de que, en estos músculos, la contracción oscilante se produce sin variaciones significativas de la concentración de iones calcio en el citoplasma de la célula muscular. Lo importante es el nivel global de activación de la fibra, y este nivel del conjunto de activación de las miofibrillas sólo varía si lo hace la potencia disponible, lo que, en todo caso, es un proceso mucho más lento que el de las contracciones mecánicas. Así pues, la singularidad fisiológica de los músculos de vuelo de los insectos asincrónicos reside específicamente en las especiales características de sus miofibrillas.

¿Y qué son estas estructuras? Las miofibrillas son largos filamentos presentes en todas las células musculares y que poseen toda la maquinaria enzimática necesaria para conseguir la contracción del músculo. Efectivamente, al separar la fibra muscular de sus membranas y citoplasma (lo que se sabe hacer en mi laboratorio de Gran Bretaña desde 1964), las miofibrillas así aisladas conservan todas sus propiedades contráctiles. Hemos conservado durante meses paquetes de miofibrillas aisladas, en glicerol y a baja temperatura, sin que perdiesen sus propiedades. De hecho, parte de los resultados descritos anteriormente se han obtenido con material en estas condiciones, colocado en un medio que imita el ambiente iónico del interior de la célula y al que se ha añadido magnesio —indispensable— y una molécula universal de suministro de energía a las células: el adenosín-5 trifosfato (o ATP). En cuanto al nivel de activación de las miofibrillas, quedaba determinado con la concentración de iones calcio del medio: la concentración se produce cuando la concentración de Ca^{++} alcanza valores de 10^{-7} M.

Se trata de un sistema experimental más cómodo que la utilización del músculo vivo y entero. Y es este sistema el que nos ha permitido, en Oxford, en 1974, descubrir otra propiedad importante de las miofibrillas de los músculos de vuelo de los insectos asincrónicos: se trata de su capacidad de transformar directamente la energía química



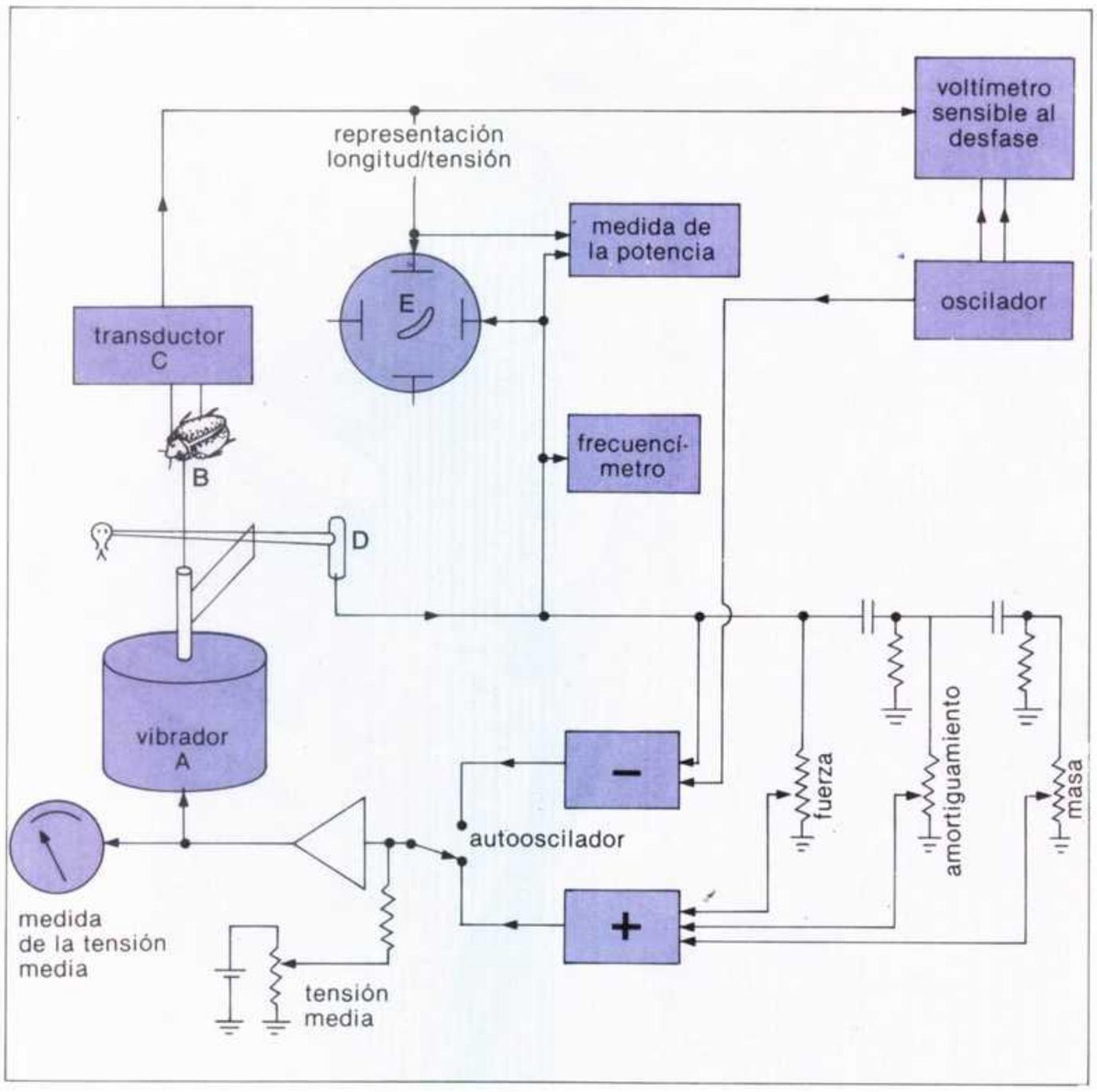


Figura 6. **La manipulación de preparaciones tan frágiles y pequeñas como los músculos de vuelo de los insectos exige aparatos especiales. Éste permite medir la tensión aplicada al músculo mientras se registran distintos parámetros fisiológicos. En la ilustración, a la izquierda está el esquema del aparato en toda su complejidad, mientras que a la derecha se observa su funcionamiento simplificado: el vibrador** (A) **determina (y mide) la tensión media aplicada al músculo** (B). **De este modo, el músculo queda unido por un extremo; por el otro se conecta a un sistema sensible a las variaciones de la fuerza** (C). **Los movimientos se registran mediante una célula fotoeléctrica** (D). **Las informaciones recogidas las recibe un osciloscopio** (E), **en cuya pantalla se representan.**

del ATP en trabajo mecánico, a temperatura constante[8] (en cambio, prácticamente todas las máquinas fabricadas por el hombre funcionan basándose en diferencias de temperatura a lo largo de cada ciclo). La demostración de esta conversión directa de energía química en movimiento se realizó en 1976 ante la Royal Society, gracias a la máquina descrita en la figura 9: esta máquina «biológica» movida por miofibrillas funcionó durante varias horas; de hecho, hasta que se agotó el ATP añadido en el medio.

La existencia de una relación entre consumo de ATP y movimiento representa un dato útil para el investigador. En efecto, si toda la energía necesaria para el trabajo mecánico de la fibra procede del consumo de ATP, una medida de ese consumo (en otras palabras, una medida de la actividad ATPásica: ATP $\rightarrow$ ADP + P_i + H^+) nos tendría que proporcionar bastante información sobre el funcionamiento interno de la fibra. Esta nueva posibilidad fue rápidamente explotada utilizando los sistemas experimentales ya descritos, midiéndose siempre el consumo de ATP como un parámetro experimental suplementario. Cuando la fibra está en reposo, las miofibrillas consumen ATP, y este consumo depende de la concentración de iones calcio (y por lo tanto del nivel de activación de la fibra). Sin embargo, la actividad de los músculos de las patas, por ejemplo, depende mucho más del calcio que la actividad de los músculos de vuelo. Los resultados son muy distintos cuando el haz de miofibrillas aisladas se dispone en un sistema capaz de controlar su longitud. Al principio, las miofibrillas se colocan en una solución muy pobre en iones calcio, y se dejan estiradas. Seguidamente, son activadas añadiendo calcio al medio de incubación. Se mide el consumo de ATP y se vuelve a empezar, y así sucesivamente. Con ello hemos observado que la actividad ATPásica aumenta muy rápidamente durante el primer 9 % de alargamiento, y después decrece progresivamente. Ahora bien, si todo ello se hace con miofibrillas aisladas de músculos estriados de mamífero, el alargamiento produce una disminución de la actividad ATPásica; dicha disminución es provocada por una reducción progresiva de la superposición de los filamentos de actina y de miosina de miofibrillas (véase *La Recherche*, n.º 60, p. 840, octubre de 1975). Estamos ante una particularidad suplementaria de los músculos de vuelo de los insectos asincrónicos. En consecuencia, las asociaciones moleculares del músculo de los insectos deben ser diferentes de las de los músculos de los vertebrados.

Gracias a que los productos de la hidrólisis del ATP se pueden medir fácil y rápidamente, resulta posible determinar con precisión los consumos casi inmediatos de ATP por parte de las fibras musculares (digamos a intervalos de tres segundos) y, por tanto, se pueden seguir los cambios de la actividad enzimática casi en el mismo momento en que el experimentador cambia las condiciones físicas y mecánicas. Se observa que la tensión constante activa de las miofibrillas es proporcional al nivel de actividad ATPásica en cualquier situación; pero, si la preparación de miofibrillas se somete a cambios de longitud oscilantes (a la frecuencia con que el músculo realiza normalmente su trabajo mecánico en el tórax), se produce una actividad enzimática suplementaria ligada al trabajo oscilatorio: el consumo de energía por los músculos de vuelo aumenta automáticamente en respuesta a la demanda mecánica.

El secreto está en la estructura molecular de las miofibrillas

Vamos a pasar de una descripción mecánica a una descripción bioquímica de las propiedades de los músculos de vuelo de los insectos. Estos dos grupos de fenómenos están directamente ligados entre sí. Así pues ¿qué tienen estas miofibrillas que las hacen capaces de comportarse de un modo tan distinto a los músculos estriados de los vertebrados?

La clave del problema se ha dilucidado muy recientemente.[9] En 1979, mi grupo de Oxford midió, con mucha mayor precisión que otras veces, el efecto que tiene el alargamiento de las miofibrillas sobre su comportamiento mecánico (fig. 10). Miofibrillas sacadas de una sola fibra muscular fueron activadas con calcio y alargadas gradualmente un 0,25 % cada 15 segundos; después se sometieron a cambios oscilantes del 0,07 % de su longitud, todo ello a una frecuencia de 5 veces por se-

(8) B.R. Jewell y col., *J. Physiol., 173,* 6, 1974.
(9) R.H. Abbott, *J. Phvsiol., 289,* 32, 1979.

Con los mismos componentes moleculares de las fibras de los vertebrados, los insectos han elaborado unas fibras musculares perfectamente adaptadas a su especial fisiología.

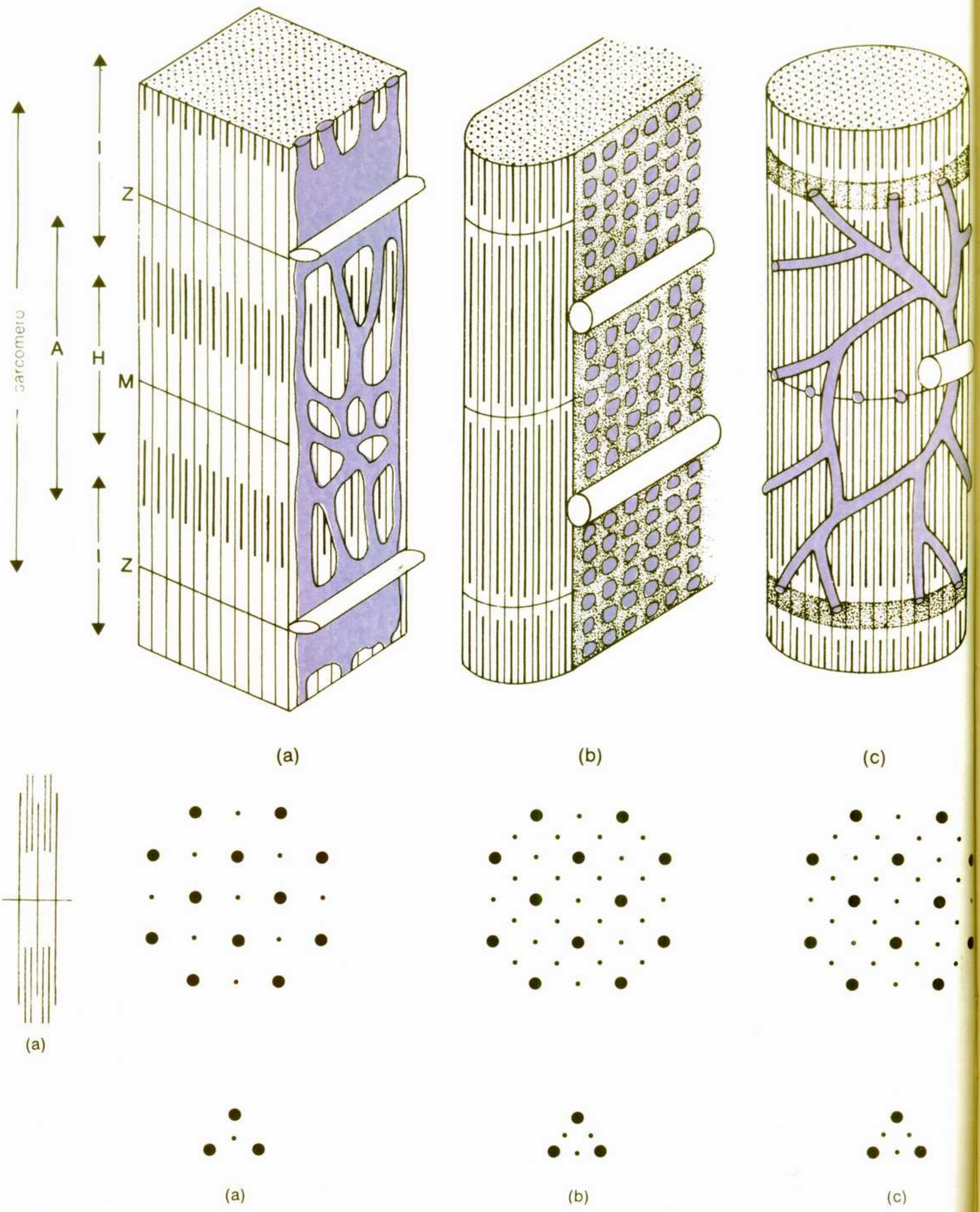


Figura 7. **La organización de una fibra muscular es muy compleja. No obstante, a partir de los datos proporcionados por el microscopio electrónico y la bioquímica, se puede reproducir en el espacio. Esto es lo que se hace en esta ilustración para los siguientes casos:** (a) **fibra muscular de mamífero;** (b) **fibra de músculo de insecto sincrónico; y** (c) **de insecto asincrónico. Cada fibra muscular contiene centenares de miofibrillas. En sentido longitudinal, las miofibrillas están divididas en sarcómeros de unas 2,5 micras de longitud; dichos sarcómeros están delimitados por las líneas Z, bandas perfectamente visibles con el microscopio electrónico. En el interior, los filamentos finos ocupan la banda I (cortada longitudinalmente por la línea Z), y los filamentos gruesos ocupan la banda A. Ambos tipos de filamentos se superponen en el centro del sarcómero. En sección transversal (abajo), los filamentos gruesos se disponen en forma de red hexagonal, rodeada por los filamentos finos. Las membranas del retículo sarcoplasmático (los depósitos de Ca^{++} del músculo) figuran en color azul. Esta representación general permite apreciar las diferencias entre los tres tipos de músculo.**

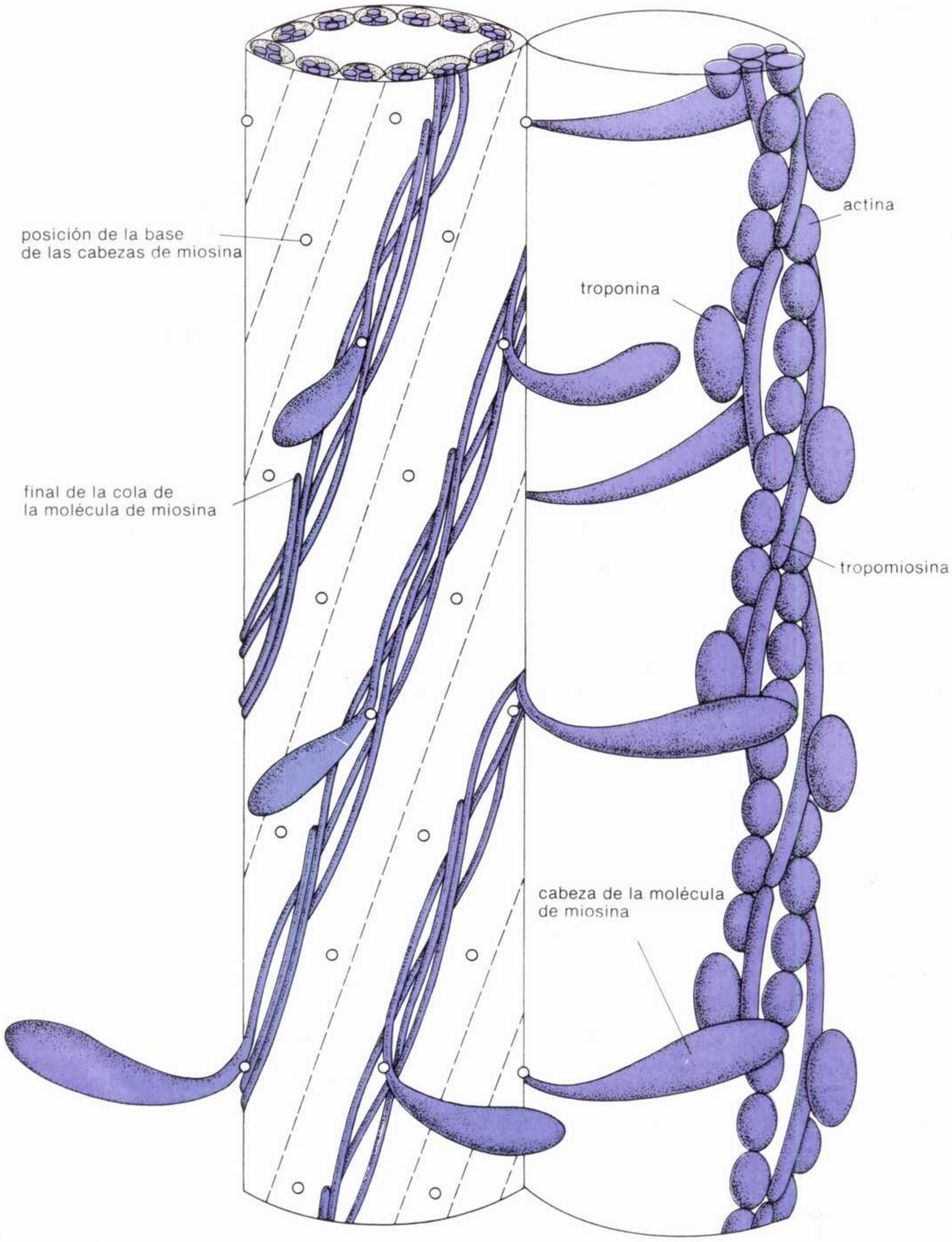


Figura 8. **Estos diagramas representan la organización molecular de los filamentos gruesos y finos de las fibrillas de los músculos de vuelo de los insectos asincrónicos. Se reproduce un filamento de cada tipo, pero hay que tener presente que cada filamento grueso está rodeado de filamentos finos. Estos filamentos finos están formados por una cadena de actina, con largas moléculas de tropomiosina situadas en las ranuras de la hélice. A intervalos regulares (cada siete moléculas de actina) se encuentra la troponina, en posición constante con respecto a la tropomiosina. Los filamentos gruesos son de miosina. Están formados por doce subfilamentos, cada uno de los cuales está constituido por una serie de moléculas de miosina superpuestas. En los insectos asincrónicos, las cabezas de las moléculas de miosina descansan sobre una hélice que se ajusta a la hélice de la actina, de manera que, para una posición dada, el ajuste perfecto por lo que respecta a los puntos reactivos de los filamentos finos. Cuando los filamentos se deslizan entre sí, las hélices vuelven periódicamente a las «buenas» posiciones: esto ocurre cada vez que la miofibrilla se alarga un 3 % (véase figura 10).**

Para comprender los mecanismos moleculares de la contracción muscular en los insectos, la fisiología se sirve de técnicas físicas.

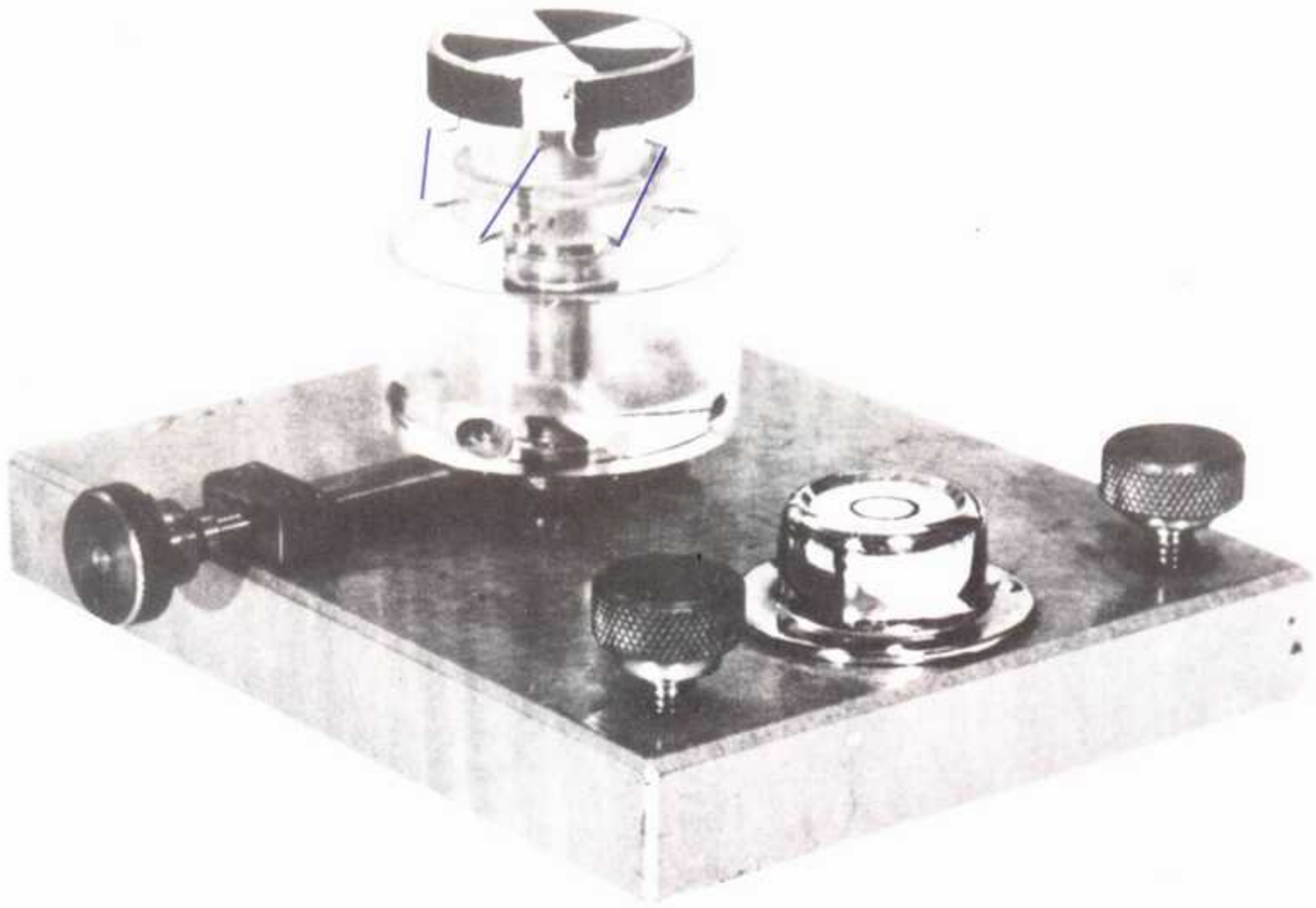


Figura 9. **Esta pequeña máquina permite de mostrar que los músculos de vuelo de los in sectos transforman directamente la energía química en energía mecánica. Los paquetes de fibrillas (en azul) están unidos a las agujas. La cubeta inferior, que contiene una solución salina con magnesio, calcio y ATP, está en contacto con las fibras. El sistema es cebado mediante un ligero alargamiento de las fibras luego por la rotación del disco montado sobre el eje libre al que están unidas aquéllas. Las fibrillas desarrollan una tensión retardada con respecto al estímulo, y entonces el disco empieza a oscilar espontáneamente, y no para hasta que se agota el ATP del medio.**

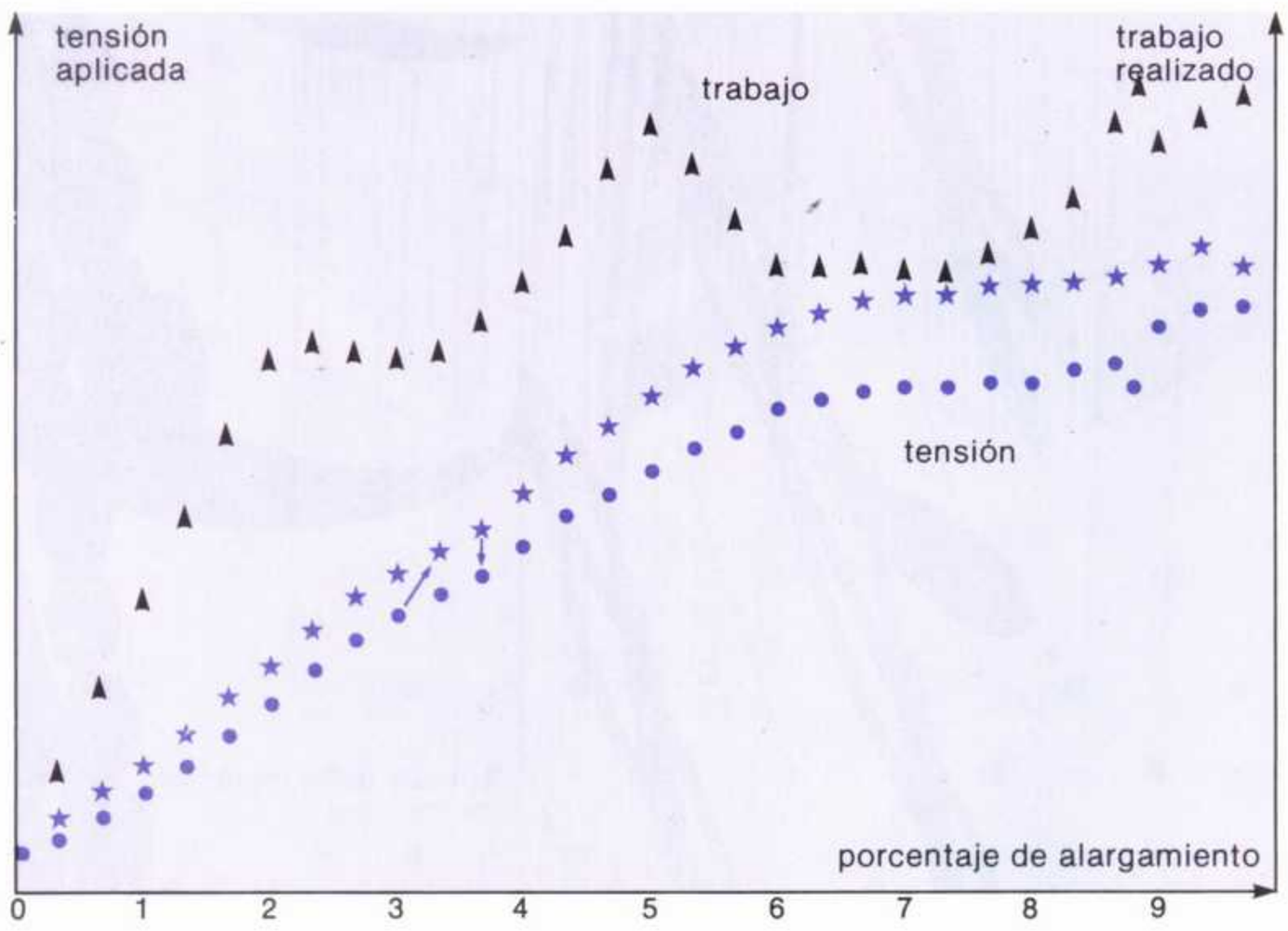


Figura 10. **Una fibra aislada de un músculo de vuelo de *Lethocerus* se va estirando por etapas de 0,25 %, hasta un total del 9 % (abscisas). Después de cada alargamiento, el experimentador mide la tensión y aplica una pequeñísima oscilación a la fibra, de la que mide entonces el trabajo. Y lo que se observa es que tanto el trabajo como la tensión presentan una periodicidad que es esencialmente independiente de las condiciones físicas y químicas y que, por tanto, refleja una propiedad intrínseca de las fibras.**

gundo. En cada etapa se midió la tensión de las fibrillas y el trabajo oscilatorio que producían, y los resultados se indican a continuación. Con el alargamiento, la tensión aumenta de la misma manera que la actividad ATPásica, pero con una ligera periodicidad. El trabajo oscilatorio es claramente periódico en función de la longitud de la fibra: pasa por dos máximos (separados entre sí por un 3 % de alargamiento) y más allá del 7 % se vuelve irregular. Esta separación en dos picos no depende ni de la temperatura ni de la composición química del medio en que se encuentra la fibra; por tanto, parece razonable suponer que es debida a una propiedad estructural de las miofibrillas.

De ahí, que haya que repasar los detalles estructurales de las miofibrillas para ver si existe alguna característica que explique estos resultados. En este sentido, hay dos técnicas que revisten gran interés: una, muy conocida, es la microscopía electrónica, pero ésta tiene el inconveniente de que las estructuras que elucida están muertas y fijadas; por ello, no permite observar los cambios de estructuras que comporta la actividad muscular ¡que es precisamente lo que se pretende ver! La otra técnica es la difracción de rayos X, que se puede emplear con estructuras vivas y móviles, pero que tiene el inconveniente de que sólo proporciona información de los componentes de la fibra que se repiten regularmente en la estructura. Por suerte, a nivel molecular, en la miofibrilla existen muchos componentes con esa característica. Dicho esto, hay que puntualizar que ¡la interpretación de las fotografías de difracción de rayos X no siempre es fácil! Los primeros experimentos se remontan a 1965 y fueron realizados en colaboración por mi equipo y el de H.E. Husley de Cambridge.[10,11]

Con la ayuda de estas dos técnicas y también gracias a la posibilidad que teníamos de obtener específicamente tal o cual componente molecular de la miofibrilla, se pudo describir con bastante precisión la organización básica de esta estructura (fig. 8) y sus movimientos. Los filamentos gruesos son un ensamblaje de moléculas de miosina, cuyas «colas» forman el esqueleto del filamento, y las cabezas se proyectan regularmente al exterior. Los filamentos finos están formados por una doble hélice de moléculas elipsoidales de actina, flanqueadas por moléculas alargadas de tropomiosina dispuestas a cada

(10) M.K. Reedy y col., *Nature, 207,* 1276, 1965.
(11) R.T. Tregear y col., *Nature, 222,* 1184, 1969.

lado, en las ranuras. A lo largo de los filamentos, cada siete monómeros de actina, se encuentran los complejos de troponina, de los que uno de sus componentes, la troponina C, fija los iones calcio, por lo que es una de las claves del control de la actividad miofibrilar.

Ahora, si comparamos las miofibrillas relajadas con las que se encuentran en estado de «rigidez cadavérica» (en ausencia de ATP), se ve que varía el ángulo que forman las cabezas de las moléculas de miosina con el armazón del filamento, y que también varía su repetición longitudinal cuando se unen a los filamentos de actina. Con estos datos, se podía suponer que estos cambios daban razón del proceso activo de la contracción. Pero las dificultades técnicas no permitían afirmarlo. En consecuencia, se utilizó la activación por alargamiento de las fibras musculares de los músculos de vuelo para definir diferentes estados funcionales de la actividad miofibrilar, y se observaron tanto con microscopía electrónica como con la difracción de rayos X. De hecho, se encuentran cambios en las estructuras miofibrilares observadas en distintas fases de oscilación; con el establecimiento de tensión se producen los mismos cambios en la disposición de la miosina que los indicados en el paso del estado relajado al estado rígido; por lo tanto, es probable que los responsables del establecimiento de tensión sean los cambios de conformación de las cabezas de las moléculas de miosina. Seguidamente, otro ciclo de cambios de conformación (acompañado de uniones y desuniones de las moléculas de actina) produce el movimiento de deslizamiento de los filamentos, y por último el acortamiento de las fibras musculares (que es la contracción).

El análisis detallado de las figuras obtenidas por difracción de rayos X de distintos tipos de músculos estriados, como el realizado por J.S. Wray en el laboratorio de K. Holmes en Heidelberg, ha proporcionado abundante información sobre el ensamblaje de las moléculas de miosina en el armazón de los filamentos gruesos:[12] ciertamente el acoplamiento no es el mismo en todos los casos. En los vertebrados, las cabezas emergen en una hélice cuyo paso de rosca no está en relación simple con el de los filamentos de actina, de manera que no existe una posición longitudinal privilegiada en la que sea más fácil que se produzca una interacción. En los insectos asincrónicos, el ensamblaje de los filamentos de miosina es tal que el deslizamiento relativo de los filamentos hace que las cabezas de miosina se desplacen dentro y fuera de las posiciones en las que están correctamente orientadas, precisamente en vistas a su interacción con las moléculas de actina. Es notable que todo esto suceda con intervalos que corresponden exactamente al 3 % de la longitud de la miofibrilla, valor que coincide a la perfección con el del máximo descrito anteriormente. Por tanto, es perfectamente posible que discretas modificaciones en la secuencia de aminoácidos de la miosina del insecto tengan como consecuencia este ensamblaje distinto y, por consiguiente, sean responsables de las extrañas propiedades de activación por alargamiento y de la capacidad de oscilar.

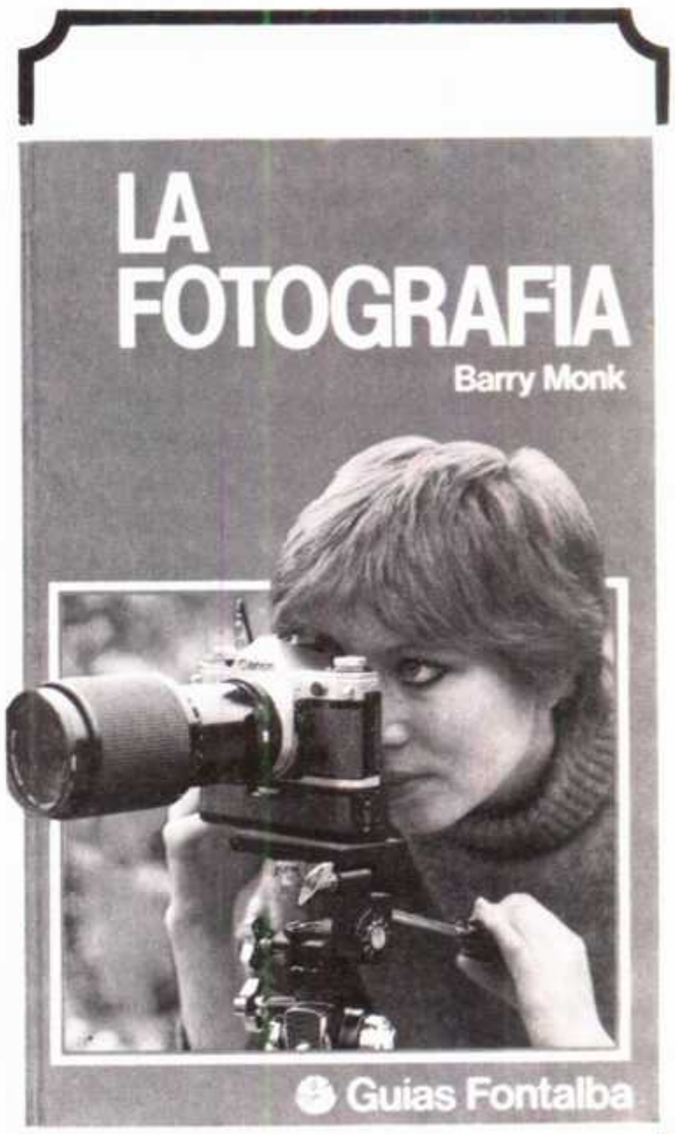
Así, en los últimos veinte años, las intensas investigaciones sobre los músculos de vuelo de los insectos han pasado del estudio puramente cinético y mecánico a los actuales estudios moleculares al más alto nivel de precisión. No hay duda de que este tejido contribuirá al progreso tanto de la moderna biología molecular como de la biofísica (como los estudios cinéticos con rayos X, *La Recherche*, n.º 128, p. 1438, diciembre de 1981). Entonces se comprenderá con detalle el funcionamiento de estas maravillosas máquinas térmicas. Tan sólo deseamos que la dificultad que a partir de ahora plantea la obtención de especies tropicales, las únicas de talla suficiente para nuestros estudios, no interrumpa el avance de nuestros conocimientos sobre uno de los logros más sorprendentes del reino animal. ■

(12) J.S. Wray, *Nature*, *280*, 325, 1979.

Para más información:

■ J.W.S. Pringle, «The mechanical characteristics of insect fibrillar muscle» y «The availability of insect fibrillar muscle», *Insect flight muscle*, p. 177-196 y 337-344, R.T. Treagar (ed.), North Holland, 1977.

■ J.W.S. Pringle, «A review of artropod muscles», *Development and specialisation of muscle*, p. 91-105, D.F. Goldspink (ed.), Cambridge University Press, 1981.



La Guía Fontalba **LA FOTOGRAFIA** constituye un libro de gran utilidad, no sólo para el principiante, sino para el ya iniciado en el mundo fotográfico. Abarca y enseña desde los primeros rudimentos hasta las técnicas y procesos más depurados de la cámara y el laboratorio. Es un poderoso auxiliar científico para uso del etólogo, biólogo, naturalista, etc., así como para cualquier investigador que precise ilustraciones fidedignas en sus trabajos.

Este libro ayudará a sacar al lector el mayor partido posible, ya sea con una cámara y un laboratorio simples o mediante éstos u otros medios más sofisticados.

Formato: 13,5 × 20 cm
Páginas: 128 en cartoné
Fotografías e ilustraciones a todo color

P.V.P.: 725 pts.

Pidalo a su librero o contrarreembolso a:

Editorial Fontalba, s.a.

VALENCIA, 359 - 6.º 1.ª
BARCELONA-9 (ESPAÑA)

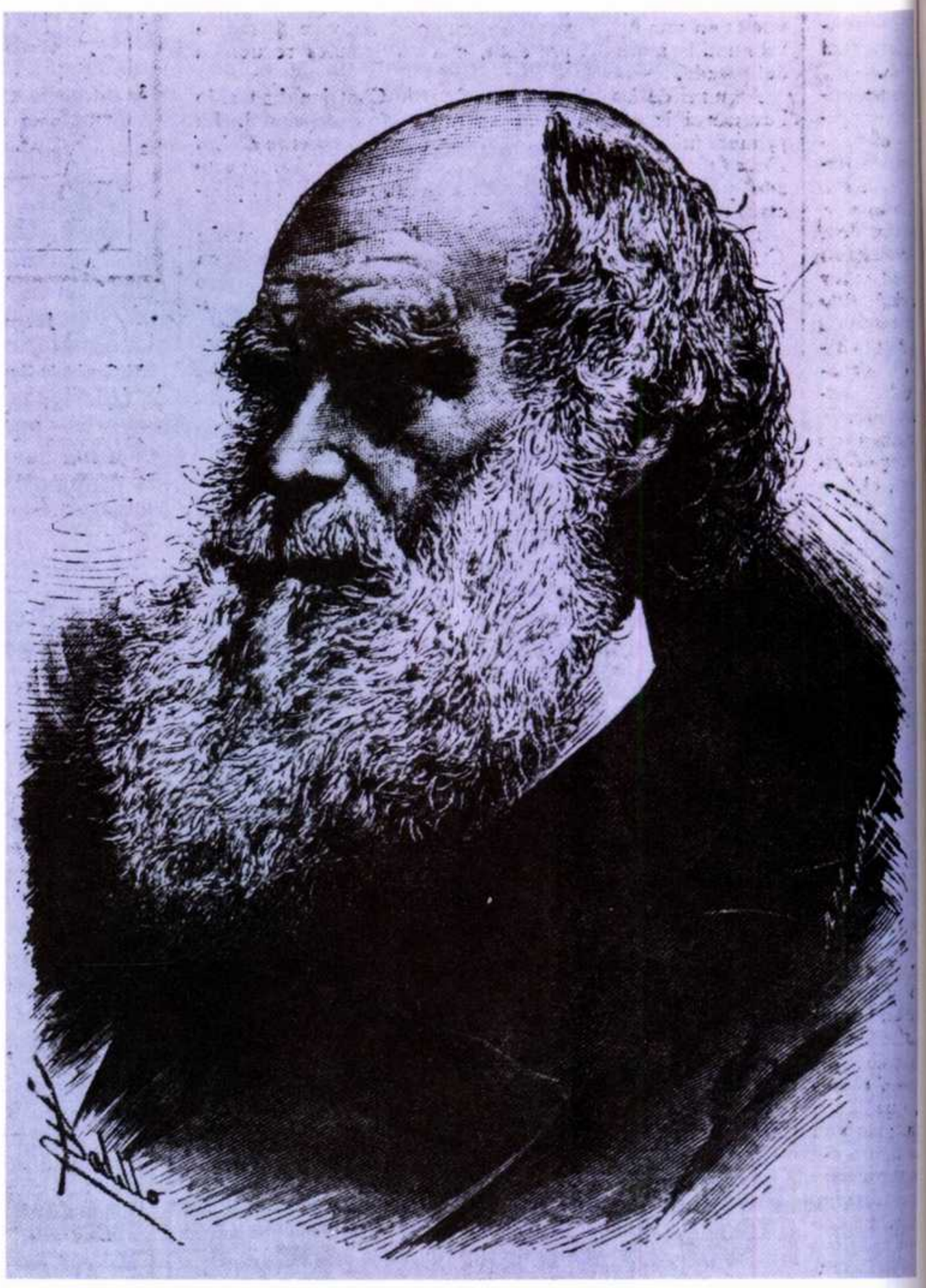
La muerte de Darwin en la prensa española (1882)

descarado los hábitos anémicos y los vicios usuales que aquejaban a nuestra cultura. Existía aquí una especie de impudor gnoseológico generalizado. De una parte, apenas hay verdadera comunidad científica en sentido moderno, y las escasas minorías que sobreviven lo hacen en condiciones harto precarias; de la otra, todo el mundo se lanza a hablar de todo, incluidos los asuntos más especializados, sin demasiada preocupación por el rigor y la exigencia científica. En España se discutirá mucho sobre el darwinismo, pero pocas veces se tratará el tema en su terreno específico, sea a favor o en contra.

Cánovas, que solía ser más perspica
que la mayoría de sus correligionario
conservadores, sentenciará en el Ate
neo de Madrid, más por razones de pa
tido que por propio convencimiento pe
sonal: «Diríase que Darwin no se propo
ne otra cosa sino hacer inútil la idea d
Dios por medio de sus obras científi
cas».(1) Por su parte, el influyente pe
riodista Emilio Huelin, autor del famos
Cronicón científico-popular, dirá entre
otras cosas: «Si fuera cierta la progenie
intelectual que los darwinistas atribu
yen al hombre, y si nuestro sentido mo
ral resultase lo mismo que el instinto
desarrollado de una hormiga o abeja

■ A pesar de la manifiesta incomodidad o clara desazón que para ciertos grupos de opinión suponía hablar del tema darwinista, la muerte de Darwin tuvo un amplio eco en la prensa española de la época. Los comentarios sobre el hecho reflejan además, de modo significativo, el estado de la cuestión darwinista en el contexto cultural español del momento. No cabe duda asimismo que desde un punto de vista sociológico-receptivo del fenómeno científico, el periódico, por su propia naturaleza en cuanto medio de comunicación social, nos ofrece una atalaya excelente para contemplar las diversas actitudes de la sociedad española ante la teoría de Darwin. La mera filiación ideológica de cada publicación nos explica ya por sí misma el modo de abordar la tan espinosa y controvertida cuestión por parte de los distintos sectores de nuestra opinión pública.

De la selección de testimonios que se incluyen en este artículo, referentes al abanico básico de posiciones sociopolíticas, pensamos que se pueden extraer un par de apreciaciones generales que afectan al sustrato mismo de nuestra vida intelectual decimonónica. De un lado, resulta evidente una cierta debilidad gnoseológica en el tratamiento del problema evolucionista. En rigor, semejante endeblez cognoscitiva nos remitiría, como telón de fondo, al conjunto de insuficiencias radicales del proceso de la modernidad en España, sobre todo, en este caso, en lo que concierne al desarrollo científico-natural y a la ausencia de una tradición vigorosa de tipo epistemológico. Lo que acontece ahora es que esta falta de salud científica se va a patentizar de manera casi estridente a propósito de un tema como el darwinista, en la medida en que estamos ante una de esas ocasiones en las que una cuestión de raigambre escuetamente científica salta a la palestra de la discusión pública. La polémica darwinista evidenciará de modo



Carlos Darwin, naturalista inglés, autor del tratado sobre el *Origen de las especies por la selección natural.* Nació en Shrewsbury, en 1809; † en Londres, el 19 del presente mes. (La Ilustración Española y Americana. Madrid, 30 de abril de 1882.)

(1) A. Cánovas del Castillo: *Discurso pronunciado el día 26 de Noviembre de 1872 en el Ateneo Científico y Literario de Madrid con motivo de la apertura de sus cátedras.* Madrid, Imp. de la Biblioteca de Instrucción y Recreo, 1872, pág. 47.
(2) Emilio Huelin: «Los brutos, supuestos engendradores del hombre», *Revista de España,* XXV, 1872, pág. 7.
(3) Emilia Pardo Bazán: «Reflexiones científicas contra el darwinismo», *La Ciencia Cristiana,* IV, 1877, pág. 488.
(4) Gaspar Núñez de Arce: «A Darwin», *Gritos del combate,* Madrid, Lib. de Fernando Fe, 1891, 10ª ed., pág. 93.
(5) Francisco Flores Arenas: *Discurso leído el día 1 de Octubre de 1866 en la solemne apertura del Curso de la Universidad Literaria de Sevilla.* Sevilla, Tip. de José María Geofrin, 1867, pág. 8.

sobrevendría probablemente con el transcurso del tiempo tan gran revuelta en las ideas hoy reinantes, que ni religión, ni amor puro, ni benevolencia, ni caridad, ni otros altos y grandes sentimientos, ni nada generoso, desinteresado ni magnánimo, ni fundamento alguno de los actuales podría subsistir, reemplazando a todo esto el desorden, la anarquía y la fuerza, acompañadas de la astucia y de las pasiones más abyectas, ruines, bajas y bastardas».(2) Emilia Pardo Bazán despachará sin más la cuestión —tan «palpitante» por cierto como la otra— diciendo: «El darwinismo será todo lo que se quiera, menos sencillo y accesible al entendimiento».(3) Y el poeta oficial de la época, Gaspar Núñez de Arce, exclamará en tonos apocalípticos:

«Caerá de sus altares el Derecho
por el turbión deshecho;
la Libertad sucumbirá arrollada.
Que cuando el alma humana se
[oscurece,
sólo prospera y crece
la fuerza audaz, de crímenes
[cargada.
¡Ay, si al romper su religioso yugo,
gusta el pueblo del jugo
que en esa ciencia pérfida se
[esconde!
¡Ay, si olvidando la celeste esfera,
el hijo de la fiera
sólo a su instinto natural
[responde!
¡Ay, si recuerda que en la selva
[umbría
la bestia no tenía
ni Dios, ni ley, ni patria ni
[heredades!
Entonces la revuelta muchedumbre
quizás, Europa, alumbre
con el voraz incendio tus
[ciudades.»(4)

Tras la lectura de parejos comentarios sobre la teoría de Darwin, aparece bastante claro cómo las mentes directoras del país seguían desconociendo uno de los supuestos básicos de la modernidad, la idea de secularización, y cuán lejos andábamos de un planteamiento moderno del problema moral y religioso. Si hubiese que aplicar aquí la conocida teoría comtiana de los «tres estadios», no habría más remedio que decir que nuestras clases dominantes —más que en rigor dirigentes— no sólo no habían arribado aún, a esas alturas del siglo XIX, al llamado estado positivo, ni siquiera al metafísico en sentido moderno, sino que continuaban campando, como en plena Edad Media, en el más puro teocratismo. Y lo más grave aún es que no sólo serán políticos, literatos o periodistas los que hablen del tema en esos términos: también compartirán semejante terreno de despropósitos numerosos y respetables catedráticos de universidad. Así, a Flores Arenas, catedrático de la Facultad de Medicina de Cádiz, no se le ocurre decir otra cosa sobre la teoría transformista que «ese ídolo del filosofismo es un deforme y asqueroso mono, que es el orangután. Esto es lógico; el héroe de semejante doctrina no podía dejar de ser tan repugnante como ella».(5) Tampoco queda atrás en agudeza de juicio Federico Benjumeda y Fernández, decano de la misma Facultad gaditana: «Enciéndase de nuevo la apagada hoguera de la esclavitud —dirá en el discurso de apertura del Curso 1878-79—, traten los blancos de vender la raza negra en sus mercados, y cuando el fiero capataz descargue rudamente su látigo sobre el africano, al hendir su piel y brotar su sangre, gocemos todos, pues se está cumpliendo la *lucha por la existencia*».(6) Polo y Peyrolon, catedrático de Metafísica de la universidad de Santiago, afirmará en un tono tan pretendidamente jocoso como ignorante: «Mujer, titi, lobo, puerco-espín, mastodonte, dasyuro, perro pachón, gerifalte y asno, venerables y antiquísimos antepasados de Darwin, permitidme que os salude y abrace fraternalmente. Cayeron para siempre las barreras fanáticas que nos separaban: ha sonado la hora de que hagamos vida cariñosa y común, como a miembros de la misma familia corresponde.(7) Y así podíamos seguir con un sinfín de testimonios más.

Era un hecho que nuestra crítica cultural, salvo honrosas excepciones —como Revilla, Perojo, Estasén, Tubino, etc..., críticos todos ellos de ascendencia positivista o neokantiana—, se movía preferentemente en unos niveles de corte esteticista, moralista, cuando no puramente retórico. Como se puede comprobar en los textos seleccionados, era frecuente tildar a los darwinistas de «seudocientíficos», o etiquetar su teoría de «absurda», «atrevida alucinación», «inventiva ingeniosa», etc..., sencillamente porque en muchos casos, sobre todo en el ámbito tradicionalista, se partía de un modelo de ciencia premoderno y teocrático. Se llega incluso a descalificar la teoría de Darwin apelando al viejo argumento escolástico *ad hominem,* tal como hace el padre jesuita Miguel Sánchez, quien sostiene que su obra es el fruto de una sola ambición: la de hacerse célebre al precio que fuera.

Junto a tal debilidad gnoseológica, hay que destacar en segundo lugar un alto índice de ideologización en el enfoque de la cuestión darwinista. Esta proclividad de nuestra cultura a ideologizar cualquier tema y a tomarlo como pretexto para ventilar diferencias políticas no es sino una manifestación más, en el plano intelectual, de la fuerte polarización social y de los graves desajustes estructurales del país desde un punto de vista moderno. En este aspecto, la polémica darwinista se va a convertir desde primera hora, dada la abundante literatura que suscitó, en una clave de primer orden para detectar el grado de escisión de la conciencia nacional. En el momento de la muerte de Darwin, nos encontramos ya con dos frentes de discusión ideológica. Continuaba en plena virulencia el enfrentamiento que desde su publicación en 1859 había provocado en toda Europa *El origen de las especies* entre las actitudes teocráticas y las modernas. En el contexto español, la controversia darwinista cobra incluso unos perfiles más rígidos y agresivos debido a las propias peculiaridades nacionales: desde la tardía introducción del darwinismo —sólo a partir de la libertad de expresión de la Septembrina, en sentido amplio— hasta la especial intransigencia de nuestro catolicismo oficial y la distinta correlación de fuerzas entre tradicionalistas y liberales, en relación con los países europeos más avanzados. La mayoría de nuestros escritores teocráticos parecen empeñados en asociar indisolublemente darwinismo y materialismo, con lo que, según este hilo conductor, la figura de Darwin acaba siendo inspiradora de la Internacional y promotora de la Comuna de París. En suma, lo que se condenaba en bloque era toda la civilización moderna, desde Bacon y Galileo a Spencer o Marx. Sin embargo, es preciso anotar, como puede verse en los textos, que en los años 80 comienzan a surgir posturas más matizadas ante el tema darwinista que posibilitan una compatibilidad entre darwinismo y creencia católica, tal como insinúa, aunque con enorme timidez y no pocos titubeos, el editorial del periódico *La Unión.* Más tarde, este intento de conciliación será ya claro y sistemático en autores como Fray Ceferino González o González de Arintero.

Por último, la posición del movimiento obrero, en este caso anarquista, ante la cuestión darwinista va a establecer un segundo frente polémico, al criticar tanto las actitudes teocráticas como la instrumentalización ideológica que estaba haciendo el liberalismo —el llamado «darwinismo social»— de la teoría de Darwin. Al mismo tiempo, es curioso observar en el artículo de la *Revista Social* cómo se esboza un enfoque solidarista o mutualista del concepto de «lucha por la vida» —que luego desarrollará ampliamente Kropotkin— frente al creciente y generalizado uso burgués de la teoría darwinista en sentido liberal-capitalista.(8)

Diego Núñez Ruiz.

(6) Federico Benjumeda y Fernández: *Discurso leído en la Universidad Literaria de Sevilla en el solemne acto de apertura del Curso Académico de 1878 a 1879.* Cádiz, Imp. de la *Revista Médica,* 1878, pág. 9.

(7) Manuel Polo y Peyrolon: *Parentesco entre el hombre y el mono.* Madrid, Imp. de F. Maroto, 1878, pág. 150.

(8) Sobre la posición general del anarquismo español ante la cuestión darwinista, véase José Álvarez Junco, *La ideología política del anarquismo español (1868-1910),* Madrid, Ed. Siglo XXI, 1976, págs. 139-146. Asimismo, una crítica a este planteamiento mutualista o solidarista del problema, que viene a ser una especie de «darwinismo social de izquierdas», puede verse en mi libro *El darwinismo en España,* Madrid, Ed. Castalia, 1977, págs. 53-58.

Antología de textos*

Prensa Católico-Tradicional

El Correo Catalán (carlista), Barcelona, 26 de abril de 1882: «Correspondencias particulares. Londres», por E.K.

Ha muerto esta semana el célebre naturalista Charles Robert Darwin, a la edad de setenta y tres años, después de haber prestado con sus trabajos grandes servicios al materialismo. En 1831 hizo un viaje de circunnavegación, en 1839 se casó con la hija del ceramista Wegdwood, y deja escritas muchas obras.

La Fe (periódico simpatizante de la Unión Católica), 25 de abril de 1882: «Darwin y el darwinismo».

Darwin (Carlos Roberto), tan conocido o más conocido acaso que Littré en el mundo científico, ha muerto a los setenta y tres años de edad, dejando una familia numerosa, un gran nombre entre el vulgo materialista y la estimación de algunos sabios de ley que han estudiado a Darwin en sus obras y no en las glosas de sus discípulos. Cierto, no puede negarse que Darwin ha formulado la doctrina del transformismo, y grande responsabilidad le cabe por ello, toda vez que, sin aceptar las conclusiones que los darwinistas han sacado del transformismo, no ha protestado contra ellas, dejándose considerar como jefe de esa escuela, o más bien como patriarca de esa ciencia.

Y Darwin no ha tenido la dicha de Littré: habiendo nacido protestante, ha muerto como mueren todos los protestantes instruidos, sin llamar a su lado a los tristes pastores de esa secta de negaciones. Darwin ha muerto como murió Disraeli el año pasado, probablemente por no tener a su lado un alma católica.

La primera obra de Darwin, *Del origen de las especies,* publicada por los años 50 o 51, llamó grandemente la atención por lo atrevido, mirado de cierto modo, del principio que se desprendía de ella, y por lo exacto de las observaciones (desde cierto punto de vista), de que había deducido el principio.

Puesto que las especies se transforman y modifican a nuestra vista y por nuestra acción, Darwin creyó poder asentar, más que como teoría como hecho, que las especies han podido y debido transformarse y modificarse desde el origen del mundo.

Tomando este punto de partida, y pasando de las suposiciones a las conjeturas, y de las conjeturas a las suposiciones, forzando la inventiva y el ingenio para hacer entrar su inspiración en los límites de lo racional, remontándose en el fondo caprichosamente, pero en la apariencia con vislumbres lógicos al principio del mundo, Darwin se figura llegar a los tipos primitivos de las plantas y de los animales, pretendiendo reducir esos mismos tipos a un arquetipo del cual procede la inmensa variedad de vegetales y animales que conocemos.

Ésta es, en suma, la teoría de Darwin, teoría que se sostiene en sus obras por un superior y, sobre todo, pacientísimo talento de observación y de análisis, y por grandes y vastos conocimientos en las ciencias naturales; pero de esa teoría, de la que en rigor no se desprende nada contrario a la concepción de un orden superior y de una voluntad suprema, y en la que tal vez algún sabio espiritualista hallara nuevas y radiantes pruebas de la existencia de la providencia de Dios; de esa teoría, los pseudosabios franceses y alemanes han llegado al más abyecto materialismo, extendiendo al hombre la ascendencia del tipo único *presumido* por Darwin.

Así es como Darwin se ha visto convertido en jefe de escuela, de la escuela que enseña que el hombre, el ser criado por Dios a su imagen y semejanza, tiene por primer antepasado al molusco, y no al molusco siquiera, sino a una sustancia gelatinosa animada no se sabe por qué, fecunda no se sabe cómo y encontrada por los pseudosabios, que no se han movido de sus gabinetes de Wesmar y París, en el fondo de los océanos anteriores a toda historia y a toda geografía.

Sólo que mientras la divina historia del *Génesis* se arraiga más y más en las inteligencias más vastas de los verdaderos sabios de esta época como en todas las épocas, todavía, entre los pseudosabios, a pesar de todo el ruido que han hecho los darwinistas, es un problema sin solución el del origen del hombre, porque la misma teoría materialista de los darwinistas ha sido echada a pique por otros sabios de igual calibre que buscan otra explicación que no encuentran ni encontrarán nunca.

Volviendo a Darwin, sabio de más alto vuelo, apasionado por la ciencia y que a ella ha consagrado su vida, alábanle, fuera de eso, porque ha parecido que era indiferente a las luchas empeñadas que se han suscitado por sus ideas. Parécenos, sin embargo, a nosotros que cuando la lucha toca a lo más grave de la vida del hombre y de las sociedades y cuando de un hombre se hace una bandera, esa indiferencia no es disculpable, y acaso ella sea la que manche la reputación del sabio que, por lo demás, ha respondido ya ante Dios de las obras que escribiera.

La ilustración Católica, núm. 40 (2ª época), 27 de abril de 1882: «Crónica universal», por Damián Isern.

El día 20 falleció en Londres, a la edad de setenta y un años, Carlos Darwin, principal autor del sistema transformista que lleva su nombre, y que tantos estragos está causando en las inteligencias educadas a la moderna.

La Unión (diario de la Unión Católica), 21 de abril de 1882: «Carlos Darwin».

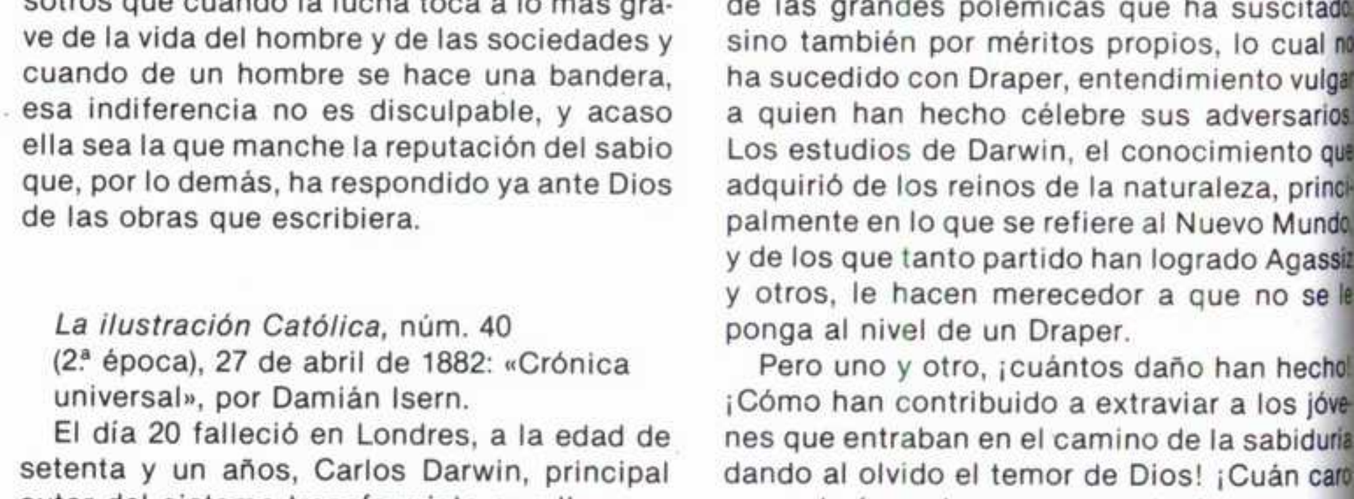
El telégrafo anuncia la muerte del sab inglés Carlos Darwin, cuya celebridad infau ta habrá llegado seguramente a oídos de t dos nuestros lectores. Su influencia ha sid extraordinaria en el curso de las ciencias na turales, y mayor aún en el de la fisiología, ha biendo dado sus doctrinas grande autorida en las escuelas heterodoxas a ciertos escrito res materialistas.

Con la publicación de su obra más conoc da acerca del origen de las especies, dio fo ma y carácter definitivo a las teorías de la evo lución y de la selección de las especies, qu habían planteado otros escritores, y dio, ad más, ocasión y origen a las conclusiones ve daderamente monstruosas que deduce la es cuela materialista, y entre todos sus doctore el célebre Haeckel y algunos alemanes me nos conocidos.

La atrevidísima teoría de la evolución, n comprobada por la experimentación ni por e ejercicio de la razón pura, es absurda y depre siva para la dignidad humana. Escritores d sanas ideas aceptan la evolución en forma muy limitada y amoldada (en nuestro concep to a viva fuerza) a la doctrina católica, sin qu sea prudente tampoco desecharlas en absolu to con el rigor a que han dado natural origen las exageraciones de la escuela de Darwin verdaderamente absurdas y notoriamente impías.

Creemos que Carlos Darwin, como observa dor de la naturaleza y como sabio, no ha reci bido la fama de que gozaba por la sola virtu de las grandes polémicas que ha suscitado sino también por méritos propios, lo cual no ha sucedido con Draper, entendimiento vulga a quien han hecho célebre sus adversarios. Los estudios de Darwin, el conocimiento que adquirió de los reinos de la naturaleza, princi palmente en lo que se refiere al Nuevo Mundo y de los que tanto partido han logrado Agassiz y otros, le hacen merecedor a que no se le ponga al nivel de un Draper.

Pero uno y otro, ¡cuántos daño han hecho! ¡Cómo han contribuido a extraviar a los jóve nes que entraban en el camino de la sabiduría dando al olvido el temor de Dios! ¡Cuán caro paga el género humano, a costa de sus creencias, lo poco o mucho que deba a Darwin en el orden científico!



Miguel Sánchez, S.I.: «Darwin y su sistema», *La Ilustración Española y Americana,* año XXVI, núm. 17, 8 de mayo de 1882.

Darwin, el naturalista inglés de quien tanto se ha estado hablando durante seis lustros, ha muerto. Sus amigos, que han querido celebrar con gran pompa sus funerales, han depositado su cadáver al lado de el del célebre Newton. Veremos si el tiempo sanciona esta tan entusiasta como poco meditada resolución.

Aunque Darwin no puede compararse con genios, como Leibniz, que dominan todas las ciencias, tenía, no obstante, un entendimiento muy claro. No era un gran filósofo, ni

*Realizada por Diego Núñez Ruiz, profesor del Departamento de Historia de la Filosofía y de la Ciencia de la Universidad Autónoma de Madrid.

conocía siquiera el derecho, la economía política, la historia, la crítica, etc. Era lo que los escolásticos llamaban *hombre de un solo libro* o de una sola ciencia, y, por lo tanto, casi enteramente profano en todas las demás.

Darwin, de carácter bastante pacífico, huía por sistema de toda clase de luchas, y no tenía más que una ambición: la de hacerse célebre, a la cual lo ha sacrificado todo. Se complacía en saber que su nombre era conocido en todas partes, y no aspiraba sino a que se hablase de él, en bueno o mal sentido, fuese como fuese.

Su fanatismo era espíritu de sistema, todo efecto del cálculo, que nacía y se alimentaba en su inteligencia, no en su corazón. Esto, que era el rasgo más notable de su carácter, quizás fuese también la fuente de toda su doctrina y la razón o causa de todo su método.

Darwin en Inglaterra, aun por los mismos protestantes, era mirado como impío; en Alemania, cual un visionario, y en la propia Francia, como autor de un sistema ridículo y degradante.

...El mismo Haeckel, quizás el más exaltado entre todos los transformistas, en su *Antropogenia*, publicada en 1875, dice: «El nombre de Carlos Darwin es conocido en el mundo entero; pero, ¿cuántas son las personas que, por decirlo así, se han asimilado realmente la teoría de la descendencia? El número de estas personas es absolutamente insignificante. Pudiera añadirse que ni los más célebres biologistas conocen a fondo la teoría de la evolución».

Después de esto, nada tenemos que decir nosotros. Si ni los más célebres biologistas, esto es, si los naturalistas más competentes no conocen a fondo la teoría de la evolución, ni aun se comprende quién pueda conocerla como necesita ser conocida, ¡desgraciado el sistema que se ve obligado a defenderse protestando que son muy pocos los que tienen la inteligencia indispensable para poder comprenderlo!

Prensa Liberal

La Época (diario conservador), 22 de abril de 1882: «Darwin».

El telégrafo nos ha comunicado la noticia de su muerte. Sean cuales fueran sus teorías y opiniones, su pérdida lo es grande para las ciencias naturales y filosóficas. Era el inglés Darwin, de los pocos hombres a quienes es dado formar escuela y hasta darle un nombre; el que tanto consigue es siempre un talento original y superior.

Nació Carlos Darwin en Shrewabury, en 1809. Su abuelo, Erasmo Darwin, se distinguió mucho como fisiólogo y literato. Sus poesías son muy celebradas en Inglaterra.

Carlos estudió la primera enseñanza en su pueblo natal, y las ciencias naturales, en las Universidades de Edimburgo y Cambridge. Graduóse de doctor en 1831.

Aquel mismo año alcanzó la suerte de emprender un gran viaje científico como agregado naturalista a la expedición del capitán Fiti Boy, con el cual visitó el Brasil, el estrecho de Magallanes, la costa occidental de Sudamérica y las islas del Pacífico.

Cinco años duró el viaje; durante ellos, vio mucho y aprendió no poco Darwin; al regresar a su patria llevaba ya en sí el germen de las teorías que se proponía dar a luz y que habían de dejar profunda huella en el mundo científico.

Con el concurso de otros sabios naturalistas publicó Darwin el resumen de las observaciones de su viaje, primero en un libro y después en un *Diario de investigaciones sobre la historia natural y la geología*, que dirigía Darwin solo.

Continuó imprimiendo monografías y estudios especiales de historia natural hasta que en 1859 hizo conocer el libro por antonomasia darwiniano y que ha dado universal renombre a su autor.

Tal es *El origen de las especies por medio de la selección natural*, que ha sido traducido a todos los idiomas, incluso al español. Además, y por lo que toca a España, recordamos entre otros trabajos el examen y juicio de las doctrinas de Darwin expuestas en el citado libro, un trabajo excelente del señor Reus y Bahamonde, en su obra sobre la *Filosofía de la creación*.

El ilustre filósofo inglés ha publicado otros libros a más del citado y de no menos valer científico, pero ninguno ha logrado la fama del primero.

Según la teoría de Darwin, todas las especies, así animadas como inanimadas, proceden en un solo y único tipo originario. De aquí ha nacido la idea, comentada tantas veces en burla, de que, según Darwin, el hombre desciende del mono.

La doctrina de la selección, como su mismo nombre lo indica, viene a significar que las especies, por evoluciones y combinaciones, pueden y deben perfeccionarse y robustecerse.

Las doctrinas científicas de Darwin no son enteramente originales, pero a él le cabe la gloria de haberlas difundido y aclarado.

Han sufrido, por lo demás, rudos ataques y deben ser estudiadas con precaución y prudencia, porque su fundamento es contrario a muchas y muy respetables creencias.

Darwin ha fallecido ayer 20, en Londres, a los setenta y un años de edad.

El Día (diario liberal independiente), 21 de abril de 1882: «Carlos Roberto Darwin».

Un telegrama de Londres anuncia que ayer falleció el famoso naturalista y fisiólogo inglés Carlos Darwin.

...Con ser Darwin un simple naturalista, ha ejercido poderosa influencia en todas las ramas del saber. La filosofía y las ciencias morales se han transformado aplicando las tres famosas leyes de *la lucha por la existencia, la herencia* y *la influencia del medio* al desarrollo de las sociedades.

Sea cualquiera el juicio que se forme de la doctrina evolucionista, tendrán todos que reconocer en Carlos Darwin una altísima inteligencia, una actividad incansable y un celo sin límites para el desenvolvimiento de la ciencia.

EL GLOBO

DIARIO ILUSTRADO

POLÍTICO CIENTÍFICO Y LITERARIO

El Globo (diario republicano posibilista), 21 de abril de 1882: «Carlos Darwin».

Ayer ha fallecido en Londres, según el telégrafo nos comunica, el célebre naturalista y fisiologista inglés, Carlos Roberto Darwin, uno de los grandes pensadores de nuestro siglo, uno de los grandes obreros de los progresos científicos.

La célebre escuela fisiológica a que ha dado nombre, sobre el origen de las especies del reino orgánico, las *Memorias* de sus viajes y buen número de obras escritas sobre puntos de historia natural, constituyen el noble legado que el buen Darwin deja al mundo de las inteligencias.

Nacido en Shaewsbury el año 1809, realizó largas expediciones científicas por Europa y por América, y consagró su vida entera el estudio. No hemos de reproducir su biografía; apuntámosla, acompañada de su retrato, en nuestro número del 12 de septiembre, al cual remitimos al lector.

Pero al consignar la triste noticia que motiva estos renglones, saludamos respetuosamente al ilustre Darwin, que, sean cuales fueren sus doctrinas y su escuela, al emprender el eterno viaje deja en la historia su nombre y su personalidad dignificados y ennoblecidos por el prestigio de su talento y por su perseverancia en el cultivo del saber.

La América. Crónica Hispano-americana, año XXIII, núm. 8, 28 de abril de 1882: «Revista General», por Hoe.

Dos hombres de fama universal han muerto en la última quincena, obedeciendo a esas leyes fatales de la vida, cuya influencia sienten de igual manera los grandes que los pequeños, los sabios que los imbéciles. Estos hombres se llamaban Longfellow y Darwin.

Naturalista famoso el segundo, sus teorías, que pronto tomaron el nombre de su autor, haciendo una verdadera revolución en la ciencia, recorrieron en poco tiempo todo el mundo y se extendieron llevando sus atrevidas hipótesis

a la eterna cuestión de los orígenes de la humanidad. Su mirada curiosa trató de penetrar a través de las sombras primitivas que envuelven la aparición del hombre en el planeta, y allí donde otros ven, en su soberbia, una figura hecha a imagen y semejanza del supremo autor de todas las cosas, él, en su humildad, no vio más que un mono gigantesco deslizándose sin ruido por los bosques vírgenes de las edades prehistóricas. Sus trabajos son harto conocidos para que nos detengamos en su enumeración; sus opiniones harto discutidas para que nos creamos dispensados de exponerlas.

A estas horas, si las ideas del hombre sobre la inmortalidad no son un vano engendro de la fantasía, una creación del espíritu que responde a la necesidad de ver algo más allá de la muerte, el problema de la existencia no será un misterio para él.

De la duda habrá pasado a la fe; de la hipótesis a la negación. Y allí, donde se sabe toda la verdad y donde se conoce toda la ciencia, habrá visto si son un par de alas o una cola los adornos naturales del primer hombre. ¡Lástima que no pueda transmitirnos el resultado de sus observaciones de ultratumba!

...¡Longfellow! ¡Darwin! ¡Froebel! Si la poesía, la ciencia y la enseñanza tuvieran santos, como los tiene la religión, estos tres hombres estarían ya canonizados.

El Imparcial (diario liberal), 21 de abril de 1882: «Carlos Darwin».

Anoche nos comunicó la *Agencia Fabra* el siguiente telegrama:

«Londres, 20.— Hoy ha fallecido, a la edad de setenta y un años, el célebre naturalista y fisiólogo inglés Carlos Darwin.»

El telégrafo, con su lenguaje tan lacónico como expresivo, escribe de este modo la última página en la historia de un hombre cuya vida se ha consumido en porfiada lucha por arrancar a la naturaleza el secreto de sus leyes, y cuyo nombre va unido al concepto nuevo de una nueva escuela, hoy en gran boga entre los sabios.

Su obra *On the origin of species by means of natural selection,* publicada en Londres en 1859 y traducida luego a todos los idiomas con el título *Origen de las especies,* encerraba en sí la base de la nueva teoría que podrá haber sido iniciada por Lamarck, que seguramente ha llevado a la exageración Hæckel en los últimos tiempos, pero de la cual será siempre Darwin el representante y el maestro.

Nada más curioso que estudiar en la vida del sabio cuya muerte hoy la ciencia llora, el proceso en virtud del que la idea evolucionista se inicia, se modela, adquiere desarrollo y se muestra al fin con brío y franco descaro en obras doctrinales y en trabajos de discusión y propaganda.

Nacido en Shrewsbury el año 1809, hijo del célebre médico y poeta Erasmo Darwin, estudió las ciencias naturales en las universidades de Edimburgo y Cambridge y obtuvo el grado de doctor en 1831. Entonces su suerte le deparó la fortuna de ser destinado a acompañar en calidad de *naturalista* a la expedición del capitán Fitz-Roy y visitar con ella sucesivamente el Brasil, el estrecho de Magallanes, la costa occidental de América y las islas del Pacífico.

Allí, a la vista de mares sin límites, praderas inacabables como el mar, selvas vírgenes de frondosidad jamás soñada, y montañas gigantes elevando al cielo sus cimas vestidas por la nieve para fundirla al calor de los besos que el sol envía, a espaldas de Europa, su vieja y antigua consorte, a América, su virgen y nueva desposada, Darwin, sintiendo palpitar en sí la esencia de la vida, disuelta en el ambiente caldeado de las tierras americanas y tributando culto a la naturaleza en aquella su manifestación más hermosa, soñó un sistema nuevo, concibió una idea: el sistema que lleva su nombre, la idea evolucionista.

De vuelta a su patria en 1836, bajo aquel cielo nebuloso y oscuro que convida a la meditación, al recogimiento y al estudio, se fijaron y tomaron forma, hasta constituir materia científica, las ideas nacidas en un cerebro caldeado por los ardientes besos de las brisas tropicales. Como otras grandes ideas, la de la evolución ha tenido en América su cuna, y su desarrollo y engrandecimiento en Europa, falta de originalidad pero rica en ciencia para estudiarlas.

Imposible seguir paso a paso los trabajos y estudios de Darwin; imposible dar idea de sus obras; imposible también seguir las vicisitudes, triunfos y caídas de sus doctrinas.

No es hoy ocasión de discutir sus atrevidas teorías; ni siquiera de recordar con enojo el origen simiano que asigna a los hombres.

Ante la noticia infausta de la muerte del sabio, sólo hay un proceder hidalgo: olvidar sus errores si los tuvo, descubrirse con respeto y tributar a su memoria el homenaje que debe merecer a un pueblo culto el genio empleado con laboriosidad y honradez sin tasa en cultivar la ciencia.

Núm. 104 Sábado 22 de Abril de 1882 Pág. 2569

LA VANGUARDIA

DIARIO POLÍTICO, DE AVISOS Y NOTICIAS

EDICION DE LA TARDE

REDACCION Y ADMINISTRACION: CALLE DE LAS RURAS, 8 Y 10, ENTRE LA PLAZA REAL Y LA CALLE DE FAURICH

La Vanguardia (diario republicano federal), 22 de abril de 1882: «Extranjero.

Inglaterra».

El 20 falleció en Londres el insigne naturalista Carlos Roberto Darwin, que dio nombre al sistema de la evolución más racional acerca del origen de las especies.

Nacido en Shrewsbury el año 1809, hijo del célebre médico y poeta Erasmo Darwin, estudió las ciencias naturales en las Universidades de Edimburgo y Cambridge y obtuvo el grado de doctor en 1831. Entonces su suerte le deparó la fortuna de ser destinado a acompañar, en calidad de *naturalista,* a la expedición del capitán Fitz-Roy y visitar con ella sucesivamente el Brasil, el estrecho de Magallanes, la costa occidental de América y las islas del Pacífico.

Allí, a la vista de mares sin límites, praderas inacabables como el mar, selvas vírgenes de frondosidad jamás soñada, y montañas gigantes elevando al cielo sus cimas, Darwin, sintiendo palpitar en sí la esencia de la vida, disuelta en el ambiente caldeado de las tierras americanas, y tributando culto a la naturaleza en aquella su manifestación más hermosa, soñó un sistema nuevo, concibió una idea: el sistema que lleva su nombre: la idea evolucionista.

De vuelta a su patria en 1836, bajo aquel cielo nebuloso y oscuro que convida a la meditación, al recogimiento y al estudio, se fijaron y tomaron forma, hasta constituir materia científica, las ideas nacidas en un cerebro caldeado por los ardientes besos de las brisas tropicales. Como otras grandes ideas, la de la evolución ha tenido en América su cuna, y su desarrollo y engrandecimiento en Europa, falta de originalidad, pero rica en ciencia para estudiarlas.

Imposible seguir paso a paso los trabajos y estudios de Darwin; imposible dar idea a sus obras; imposible también seguir las vicisitudes, triunfos y caídas de sus doctrinas.

Los resultados científicos de este viaje, de alta importancia bajo el punto de vista de las ciencias naturales, publicáronse con el concurso de Owen y otros sabios en un libro especial primero, y más minuciosamente en el *Diario de investigaciones sobre la historia natural y la geología,* que *dirigió* Darwin exclusivamente.

Luego publicó dos monografías excelentes sobre los cirrópodos, y de observación en observación —tarea empezada en sus largos viajes— llegó Darwin a formular sus ideas, laboriosa y concienzudamente adquiridas, en su famoso libro titulado *On the origin of species by means of natural selection (Del origen de las especies por medio de la selección natural).* Publicóse este libro en 1859, y bien pronto se tradujo al alemán y al francés. Hoy está vertido a todas las lenguas cultas, y las ediciones son innumerables.

Otros libros, también de importancia, también dotados de esa claridad de estilo, y, sobre todo, de esa solidez en las bases de las teorías, que son caracteres distintivos de las obras darwinianas, produjo desde entonces el sabio fisiólogo. No los enumeramos, porque

carecemos de espacio, y el poco de que disponemos lo solicita la obra principal de Darwin.

El conjunto de soluciones, que en virtud de hechos y observaciones positivas, sienta Darwin, y que se conoce con el nombre de *darwinismo,* se resume en una noción clara y perfecta, que se puede formular de esta manera:

Todas las especies animales y vegetales, pasadas y presentes, descienden por medio de sucesivas transformaciones, de tres o cuatro tipos originales, y probablemente de un primitivo y único arquetipo. He aquí la conclusión capital de Darwin.

Las teorías darwinistas ocuparán en la historia del saber humano amplísimo lugar. El talento de este varón ilustre ha causado una evolución de sin igual importancia en las ciencias naturales. A despecho de ciertas vulgaridades ridículas con que se ha tratado de oscurecer su fama, el nombre de Darwin puede contarse ya entre los que respetuosamente se repiten de generación en generación.

El Correo (órgano del Partido Liberal), 21 de abril de 1882: «El naturalista Darwin».

En la madrugada de hoy nos ha comunicado el telégrafo la noticia de la muerte de este hombre célebre.

...No es tarea propia del momento ocuparnos en dar a conocer las obras escritas por este eminente naturalista, ni siquiera sus títulos, pues apenas hay género determinado del que no se haya ocupado minuciosamente.

Para formarse una idea de la importancia que Mr. Darwin ha adquirido entre los naturalistas, baste decir que todas sus obras han sido traducidas a diferentes lenguas, y especialmente al francés y al alemán.

Mucho se ha hablado también de la exageración de sus teorías, pero, haya o no en ellas algo de verdad, sólo debemos ahora elogiar al hombre que ha pasado su vida entregado al estudio y que ha prestado grandes servicios a las ciencias naturales.

El Diluvio (diario democrático), Barcelona, 23 de abril de 1882: «Darwin», por L.S.

Darwin acaba de morir en Londres a la edad de setenta y tres años.

Es un nombre para siempre ilustre el del filósofo y del sabio cuya inmortal obra sobre el origen de las especies por vía de selección natural ha levantado tantas cóleras, provocado tantas controversias y entregado una vez el mundo a las discusiones de los hombres en un siglo de duda y examen.

Nos falta tiempo para analizar o exponer detalladamente el sistema de Darwin.

...Ese admirable sistema, esa grandiosa concepción de la vida universal, Darwin la ha desarrollado en sus obras con los recursos de su inagotable ciencia y de su maravilloso ingenio, aduciendo en apoyo de cada una de sus hipótesis todo un haz de argumentos y observaciones que les daban en cierto modo el peso de verdaderas demostraciones.

Puédese criticar el sistema de Darwin, pero imposible es dejarlo de admirar en su conjunto. Cuán lejos nos lleva de los filósofos alemanes, de los ensueños de Shelling o de las oscuridades de Hegel tocante a la formación de los mundos.

No es sólo la exposición de un sistema, sino en cierto modo una epopeya, el gran poema del Génesis, uno de los más bellos que haya salido de cerebro humano; tan grandioso es de proporciones, lógico en sus rigurosas deducciones y soberbio en la forma.

Ciertamente, el darwinismo es materia controvertible, mas si es cierto que según la etimología griega poeta quiere decir creador, ¿cómo negar el don de poesía a aquel que intelectualmente creó un mundo y que tan admirablemente explicó su desarrollo y orígenes?

Por estos títulos, Darwin no merece sólo tomar asiento al lado de Leibristz (sic), Bacon o Descartes en el cielo de los filósofos, sino que es digno de sentarse con Virgilio y Homero en el de los poetas.

El Motín (semanario satírico de carácter librepensador), año II, núm. 17, 23 de abril de 1882.

Ha muerto Darwin, el que averiguó que el hombre viene del mono.

Yo, siguiendo su sistema, estoy terminando un libro que demuestro que el *neo* (se refiere a los «neocatólicos») desciende de un animal que habló una vez, según la Biblia.

Barcelona, Dilluns 24 d'Abril de 1882

LA ★ RENAIXENSA

DIARI DE CATALUNYA

EDICIÓ DEL MATÍ

Aquest diari de noticias, ... y decrets, va destinat á fomentar los interesos generals de Catalunya.

Los originals no's tornan.

ADMINISTRACIÓ-Lucia-15-Baixos
Sucursal, Hospital, 19.

Barcelona, 1 mes—Ptas. 2
Fora, trimestre. » 6
Antillas, id. » 10
Estranjer, id. » 12

Annuncis y comunicats á preus convencionals.

La Renaixensa («Diari de Catalunya»), Barcelona, 24 de abril de 1882: «Crónica general».

A Londres morí, lo dia 20 del corrent, á l'edat de 73 anys, lo célebre naturalista y fisiólech inglés Carles Darwin: Prescindint de l'exageració y fins de la major o menor suma de veritat que sas teorías pugan contenir y que no podem nosaltres apreciar, ni fora, aquest, lloch apropósit pera ferho, sigans lícit deplorar la mort d'aquell gran home y elogiar al quí passá tota sa vida entregat ab amor y fe al estudi de les lleys naturals i tants serveys ha prestat á la ciencia.

El Progreso (diario democrático), 22 de abril de 1882: «Carlos Roberto Darwin».

El célebre naturalista y fisiólogo inglés Darwin, que acaba de morir en Londres a la edad de setenta y un años, había nacido en Shrewsbury y era nieto de Erasmo Darwin, célebre médico y poeta inglés.

...Su teoría llevó una verdadera revolución a los círculos científicos, y dio ocasión a una polémica vivísima, con motivo de la cual la personalidad del audaz naturalista ha sufrido y sufre violentos ataques.

La novedad del sistema no consiste en la teoría de la transformación, sino en la manera de establecer esa teoría y en la naturaleza de las pruebas aducidas en pro.

Sus libros se distinguen por su claridad y precisión de lenguaje, así como por la solidez de las bases sobre que levanta sus atrevidas teorías.

...La muerte ha sorprendido a Darwin en su casa de Londres, donde dividía el tiempo entre sus estudios científicos y el amor de su esposa, que, por cierto, es la nieta de otro sabio, Wedgwood, autor del pirómetro que lleva su nombre.

El Porvenir (diario democrático-progresista), 25 de abril de 1882: «Muerte de Darwin».

El telégrafo ha anunciado la muerte del profesor Darwin, en Londres, a la edad de setenta y tres años.

Nieto del célebre médico Erasmo Darwin, Carlos Darwin nació el 12 de febrero de 1809 en Shrewsbury.

Después de haber seguido los estudios elementales en su ciudad natal, siguió los cursos de la Universidad de Edimburgo, y acabó los estudios en Cambridge, donde se graduó en 1831.

El mismo año aprovechó la ocasión de acompañar, en calidad de naturalista, la expedición del capitán Tizroy; visitó el Brasil, el estrecho de Magallanes, las costas Oeste de la América del Sur, las islas del océano Pacífico, y volvió a Inglaterra después de una navegación de cinco años.

En 1839 se casó con una nieta de Zarich Wedgwood, inventor de la navegación que lleva este nombre.

En su viaje, recogió Darwin una porción de preciosas observaciones, cuya mayor parte consignó en una obra de historia natural, que publicó en colaboración con Owen, y que le hizo notar, desde luego, en el mundo sabio.

Animado por este primer éxito, el joven naturalista escribió muchas memorias personales, cuya originalidad le valió una posición excepcional.

Su camino quedó trazado desde entonces. Abandonando el estudio árido de los seres vivos Darwin trató de deducir los principios filosóficos de las observaciones y de las investigaciones a que había consagrado ya muchos años.

Sin entrar en explicaciones demasiado especiales, diremos sólo que se aplicó principalmente a determinar el principio de las diferencias entre las especies de seres vivos. Sus observaciones sobre los animales de la América del Sur le habían ya demostrado la insuficiencia de las clasificaciones admitidas hasta ahora, llegando hasta la idea de que los animales y las plantas se derivan todos de un pequeño número de formas primitivas, tal vez de una forma única, y de que todas sus modificaciones sucesivas dependen de una ley constante de transformación; de una elección regular de razas y de individuos, los más adaptados a las circunstancias de tiempo y lugar. Llama a esta elección la «selección natural».

Esta ley, que dio a su autor una reputación universal, está expuesta con todas sus consecuencias en un libro célebre, titulado *Del origen de las especies por vía de selección natural;* obra que se ha traducido a muchas lenguas, y que ha dado motivo a numerosos artículos de revistas científicas y a largas discusiones sobre esta nueva filosofía de la historia natural.

Esta polémica se reanimó cuando la candidatura de Darwin para socio correspondiente

de la Academia de Ciencias. Dos veces, en 1872 y en 1873, después de vivas discusiones en comité secreto, fue rechazada en el escrutinio su candidatura por la sección de zoología.

Por último, fue elegido el 5 de agosto de 1878 en la sección de botánica, y su nombramiento provocó las fulminantes cóleras de la prensa católica contra la Academia de Ciencias. El darwinismo ha estado representado en Francia por Littré. Cuando la elección de este último en la Academia francesa, M. Dupanloup abandonó el sillón que le estaba reservado entre los cuarenta. Esto quiere decir que Darwin, en la persona de Littré, no era precisamente simpático al obispo de Orleans.

BOLETIN
DE LA INSTITUCION LIBRE DE ENSEÑANZA.

La *Institucion libre de Enseñanza* es completamente ajena á todo espíritu é interés de comunion religiosa, escuela filosófica ó partido político; proclamando tan solo el principio de la libertad é inviolabilidad de la ciencia, y de la consiguiente independencia de su indagacion y exposicion respecto de cualquiera otra autoridad que la de la propia conciencia del Profesor, único responsable de sus doctrinas.—(Art. 15 de los *Estatutos.*)

Este BOLETIN es órgano oficial de la *Institucion*, y al propio tiempo, revista científica, literaria, pedagógica y de cultura general. Es la mas barata de las revistas españolas, y aspira á ser la más variada y que en menos espacio suministre mayor suma de conocimientos.

Precio de suscricion. Para el público, por un año: 7,50 pesetas. Para los accionistas de la *Institucion*: 4 pesetas.

La correspondencia, á la Secretaría de la *Institucion*, Infantas, 42.

AÑO VI — MADRID 30 DE ABRIL DE 1882. — NUM. 125

Boletín de la Institución Libre de Enseñanza, núm. 125, 30 de abril de 1882: «Darwin» (nota necrológica en primera página).(1)

(1) Su autor es Joaquín Costa (Cf. BILE, VI, 1882, p. VI).

El día 20 del actual ha fallecido en Inglaterra, su patria, el profesor honorario de la Institución Carlos Roberto Darwin, uno de los naturalistas y fisiólogos más eminentes que han honrado con su talento a nuestro siglo, y a cuya imperecedera memoria pagamos aquí el homenaje de nuestra admiración y de nuestro respeto.

...Darwin era en filosofía natural el jefe y fundador de la escuela transformista, cuyo cuerpo de doctrina lleva su nombre *(darwinismo).* En sus largos viajes había tenido ocasión de observar las imperfecciones de que adolecían las antiguas clasificaciones zoológicas, todavía reinantes en su tiempo, y se propuso rectificarlas. De este trabajo surgieron las bases de una nueva doctrina biológica, que causó una profunda revolución en las ciencias naturales, y que hoy puede decirse llena el mundo.

...No es fácil augurar la suerte que cabrá en lo venidero a la doctrina de Darwin, ni es éste momento oportuno para discutirlo; pero cualquiera que ella sea, y aun cuando un día llegue a ser convencida de error, esas monografías quedarán como modelo de observación seria y delicada, y la humanidad les habrá debido la exigencia de un nuevo y más racional sentido en el modo de concebir la vida del cosmos y sus seres.

Gumersindo de Azcárate
Darwin juzgado por un canónigo*

Hace pocos días el canónigo Liddon predicaba en la Catedral de Londres, ante un numeroso concurso, tomando como tema las palabras de Jesús a propósito de las dudas del apóstol Santo Tomás sobre el hecho de la resurrección. Como él estuviera ausente la primera vez que Cristo se apareció a los apóstoles, cuando éstos le informaron de lo sucedido, diciendo que habían visto al Maestro, les contestó en unos términos que no hubieran sonado mal en labios de un partidario avanzado de la moderna filosofía experimental. «Si no viese en sus manos la hendidura de los clavos, y no metiese mi dedo en el lugar de los clavos, y metiese mi mano en su costado, no lo creeré.» Una semana más tarde estaban reunidos los discípulos, encontrándose con ellos esta vez Santo Tomás. Entonces «vino Jesús, cerradas las puertas, y se puso en medio y dijo: paz a vosotros; y después dijo a Tomás: «Mete aquí tu dedo y mira mis manos, y da acá tu mano, métela en mi costado, y no seas incrédulo, sino fiel». El primer objeto, decía el predicador, de las palabras de Nuestro Señor era quitar toda duda, sobre la verdad de su resurrección, del espíritu de Santo Tomás, en quien veía el típico representante de una clase de entendimientos que se encontrará entre los hombres hasta la consumación de los siglos.

La segunda enseñanza que debe sacarse de estas palabras, añadía, es el verdadero valor que tienen los sentidos corporales en la investigación de la verdad. Santo Tomás exigió la satisfacción de dos de ellos, la vista y el tacto, como condición preliminar para creer que el Señor había realmente resucitado. Jesucristo accedió caritativamente a esta petición, reconociendo de este modo los derechos y los deberes de los sentidos. Hay ciertas verdades, decía el canónigo Liddon, que éstos y sólo éstos pueden asegurar, pudiendo y debiendo merecernos, respecto a ellas, confianza. Únicamente a un falso espiritualismo puede ocurrir desacreditar los sentidos y penetrar en su propia jurisdicción, obrando en contra de la constitución, de la naturaleza y de los intereses de la verdad. Porque si los sentidos corporales no merecieran fe, ¿cómo podríamos admitir la de los sentidos del espíritu? Si el oído, la vista, el olfato, el gusto y el tacto no nos dan cuenta exacta de los objetos externos, ¿podríamos estar seguros de que las percepciones morales no nos suministran una serie de sublimes ilusiones? Suscitar dudas sobre la fidelidad de un senti
corporal parece a primera vista que es realz
el precioso valor de lo suprasensible y d
nuestros métodos para conocerlo, pero lo p
rece sólo a primera vista. La religión toca co
el mundo material en ciertos puntos, y la rea
dad de este contacto preciso es decidirla, c
mo cuando se trata de otros hechos mat
riales, por la experiencia de los sentidos co
porales. Saber si Nuestro Señor había rea
mente salido del sepulcro con su cuerpo he
do, o no, era una cuestión que sólo podían r
solver los sentidos del cuerpo; y Nuestro Se
ñor por lo mismo se sometió a lo que Sant
Tomás puso como condición para creer.

Pero los sentidos no pueden atestiguar l
realidad de aquello que propiamente est
fuera de su alcance. Ellos obran en la esfer
de la materia, pero no pueden penetrar en l
del espíritu; y si de su limitadísima capacida
se pretende deducir alguna consecuenci
contra la realidad del vasto mundo de las exis
tencias espirituales, que están fuera de su a
cance, se deduce una consecuencia sin valo
alguno. He aquí la gran equivocación del ma
terialismo. Éste se mantiene en un terreno fir
me, del cual no es posible desalojarlo
mientras sostiene que los sentidos, en aque
llo a que les es dado llegar, son fieles revela
dores de la verdad; su error consiste en afir
mar que ellos son los únicos, y que sólo debe
tenerse por cierto lo que por ellos conocemos
que el mundo todo de los hechos mentales
espirituales, con el cual no tienen los senti
dos relación alguna, es por tanto un mundo
imaginario y sin existencia; en suma, que lo
único real es la materia. Pero este grandísimo
y fatal error no se desvanece desacreditando
los sentidos y negando su capacidad en lo
que constituye su propia esfera. Hacer esto
es provocar la aparición de otro excepticismo
más hondo que el de los materialistas, puesto
que niega la realidad a la par de la materia y
del espíritu, y es manifiestamente opuesto a
la elevada sanción dada por Cristo a la eviden
cia de los sentidos cuando dijo a Tomás: «Me
te aquí tu dedo».

Estas reflexiones, decía el predicador,
pueden llevarnos de un modo natural a formar
juicio del hombre eminente cuya muerte ha si
do un suceso de importancia europea, y cuyas
obras, además de producir algo parecido a
una revolución en el modo moderno de consi
derar una imporante esfera del pensamiento,
han conquistado una gran distinción para la
ciencia inglesa. No puede negarse que cuan
do los libros del profesor Darwin sobre el *Ori
gen de las especies* y la *Descendencia del
hombre* aparecieron por primera vez las perso
nas piadosas creyeron, desde luego, que
contenían una teoría necesariamente hostil a
las verdades fundamentales de la religión. Un
estudio más detenido ha modificado grande
mente semejantes impresiones. Es visto que,
ya se manifieste la actividad creadora de Dios
por medio de catástrofes, como se dice, o en
una evolución progresiva, siempre queda esa
actividad creadora, y las cuestiones verdade
ramente graves que ocurren continúan en pie.
El proceso evolucionista, suponiendo que
exista, por fuerza ha tenido un principio o co
mienzo; ¿quién se lo dio? Por necesidad ha si
do preciso un material sobre el cual obrara;
¿quién lo suministró? Además, él mismo es
una ley o un sistema de leyes; ¿quién las dic
tó? Aun suponiendo que esta teoría sea abso
lutamente cierta, tan difícil es, sobre poco
más o menos, que la ciencia física resuelva

* *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza,* VI, 1882, pág. 101.

hoy esas graves cuestiones, como lo fue cuando Moisés escribió el Pentateuco; pero hay manifiestamente en la serie doctrinal evolucionista tres importantes vacíos, que importa tener presentes. Hay un gran salto o laguna entre el grado más elevado del instinto animal y el reflexivo y conciso del hombre; hay otro mayor entre la vida y la materia; y hay otro, el mayor de todos, entre la materia y la nada. En estos tres puntos parece que la voluntad creadora ha debido intervenir de otro modo que por el procedimiento de la evolución: para crear la materia.

Pero aparte de estas cuestiones, es preciso respetar, así en la ciencia como en lo demás, las declaraciones claras y ciertas de los sentidos, porque ellas dan testimonio de un hecho, y el hecho es sagrado en cuanto tiene un sitio en el templo de la verdad universal. La grandeza del profesor Darwin se muestra tanto en la paciencia y el cuidado con que observó y registró numerosos hechos concretos y singulares, como en sus trabajos sobre los grupos de hechos.

¿Quién que haya leído su libro sobre las lombrices de tierra puede olvidar los experimentos que le permitieron descubrir si aquéllas tienen o no la facultad de oír? Pero un hecho es una cosa, y otra muy distinta las teorías, las hipótesis, las doctrinas, como la misma evolucionista, construidas por hombres de genio para explicar los hechos.

Estas teorías pueden ser ciertas o no serlo, aunque sean brillantes y seductoras; pueden, durante una generación o un siglo, llevarlo todo por delante en el mundo del pensamiento, pero la ciencia no tiene fin, y mientras que las teorías pasan y caen en el olvido, los hechos —como el de la revelación del mismo Dios por Cristo— quedan. Los sentidos corporales dan cuenta de hechos; de las teorías sobre éstos, nada saben.

Estanislao Sánchez Calvo

Darwin y los canónigos de Londres*

Habrán sabido nuestros lectores como todo el mundo la muerte de Darwin estos días atrás, pero es posible que no tengan noticia de las honras fúnebres que le hicieron sus compatriotas al darle sepultura en la Abadía de Westminster, al lado de la tumba de Newton, lugar reservado sólo a los grandes hombres de Inglaterra. No es nuestro ánimo, sin embargo, describir aquí la solemnidad de aquellas ceremonias, con cuya narración ocupan sendas columnas los periódicos ingleses; únicamente nos limitaremos a hacer notar a nuestros lectores las ideas más culminantes que se han vertido con tal motivo en los sermones pronunciados en Westminster y en la catedral de San Pablo.

Los trozos que traducimos pueden verse originales en el último número de *The Ilustrated London News,* donde aparece también un fiel retrato de Darwin. Nosotros llamamos la atención sobre estos sermones porque, a juzgar por lo que de ellos ha llegado hasta nosotros, deben ser muy trascendentales y curiosos.

Es por lo menos una cosa inesperada y chocante oír a grandes y acreditados teólogos, siquiera sean representantes de un culto nacional, tributar elogios y manifestar respetos a un innovador tan atrevido como Darwin.

El canónigo Prothero ha dicho de él:

«Que era el más grande hombre de ciencia de su tiempo, pero tan enteramente ajeno al orgullo y a la arrogancia de la ciencia que exponía con la mayor modestia las verdades de que él mismo estaba convencido, siendo muy cauto, sin embargo, mientras no fuesen universalmente aceptadas o admitidas. Ciertamente residía en este hombre aquella caridad que es la verdadera esencia del espíritu de Cristo.»

El canónigo de Barry, pronunciando su oración fúnebre en la Abadía de Westminster, le llama *leader,* guía, jefe o director del pensamiento científico, y observa, «que la fructífera doctrina de la evolución, a la cual el nombre del difunto profesor quedará para siempre unido, se presta, por lo menos, también, a las antiguas promesas de Dios como las modernas pero menos completas explanaciones del universo».

El canónigo Liddon, en su sermón en la catedral de San Pablo, dijo: «que cuando aparecieron las obras del profesor Darwin sobre el *Origen de las especies* y la *Descendencia del hombre* fueron consideradas al principio ligeramente por los hombres religiosos, como si contuviesen teorías necesariamente hostiles a la religión. Un estudio detenido modificó por completo semejante impresión. Se vio que así la acitividad creadora de Dios se manifestase por catástrofes (valga la frase) lo mismo que en progresiva evolución, quedaba siempre tal actividad creadora, y en realidad las grandes cuestiones metafísicas permanecían intactas».

Pero por encima de todas las cuestiones, y ésta es nuestra incumbencia respecto a la ciencia, lo mismo que de otras cosas, cada uno afirma claramente las relaciones de los sentidos, pues cada relación de éstas representan un hecho y *un hecho es sagrado como que tiene su puesto en el templo de la verdad universal.*

Pero en medio de las elevadas ideas de los profundos razonamientos que encierran, nosotros echamos de menos una cosa esencial: el espíritu cristiano tradicional y creyente que hasta ahora habían conservado casi también los protestantes como los católicos. ¿Será que la Iglesia Anglicana prepara su evolución en un sentido *latitudinario* para ponerse en armonía con los nuevos descubrimientos científicos, esos hechos *sagrados,* como los llaman, de la naturaleza?

Cuando se hacen a un hombre tales honras fúnebres, se le acuesta al lado de Newton y de los más grandes hombres del país, se acogen sus restos mortales con tan grandes elogios y respetos y se oye decir a los representantes de la religión oficial que sus pensamientos y opiniones son inofensivas, y que los hechos observados por él en la naturaleza, que es el templo de la verdad universal, son hechos sagrados, ese hombre debe adquirir mucho crédito y autoridad.

---

* *Revista de Asturias,* VI, núm. 9, 15 de mayo 1882, págs. 137-138.

Prensa Obrera

Revista Social (semanario anarco-colectivista), Madrid, año II, número 50, 18 de mayo de 1882, y núm. 51, 25 de mayo de 1882: «Arte y ciencias: Carlos Darwin».

Con la muerte de Carlos Darwin, la humanidad acaba de perder un sabio que no solamente ha dado una dirección verdaderamente científica y racional a las investigaciones sobre las leyes del desenvolvimiento de los seres organizados, sino que también ha contribuido poderosamente, aunque sin quererlo, a destruir las preocupaciones religiosas, y ha ejercido una vasta influencia sobre el desarrollo del espíritu de análisis y destrucciones en nuestro siglo.

En su obra *Sobre el origen de las especies,* y por toda una serie de trabajos posteriores a ella, Darwin ha establecido y probado, de una manera científica, que la inmensa variedad de formas animales y vegetales que observamos en nuestro globo terrestre no es la obra de un Creador, divertido en crear hoy un pólipo, mañana un pez, después un mono o un hombre. Él ha demostrado que toda esa variedad de formas ha sido el resultado natural de la acción de fuerzas físicas agitándose durante miles de millones de siglos al principio sobre las células simples, después sobre aglomeraciones de ellas y, finalmente, sobre vegetales y animales —simples primeramente y más y más complicados durante el transcurso de los siglos— diferenciándose según los diversos climas y los distintos medios en el seno de los que vivían y se propagaban.

Ha probado que el hombre, que siempre ha tratado de colocarse fuera del reino animal, ha tenido en absoluto el mismo origen que los demás animales. La especie humana no es más que un género de animales perfeccionados del mismo modo que el mono, el caballo o el perro, que son también especies perfeccionadas con relación a sus antecesores; no consistiendo este perfeccionamiento más que en una adaptación más perfecta al medio ambiente y un desarrollo de facultades y de estructura favorables en su lucha por la vida. En una época que se remonta a muchos cientos de siglos, el hombre y el mono han tenido por antecesores comunes una misma especie de animales que, desarrollándose en dos direcciones distintas, ha terminado formando por una parte el mono, por la otra el hombre. El hombre y el mono son, pues, dos primos hermanos como el perro de aguas y el perro de Terranova descienden de antecesores comunes; lo que el arte ha hecho para producir estas dos razas de perros, el desarrollo natural lo ha hecho para producir estas dos especies, el hombre y el mono.

Hace veinte años, cuando los ateos discutían con los creyentes, éstos les presentaban un problema al que era bastante difícil contestar científicamente. Se trataba de expli-

AÑO II.—Número suelto, 5 céntimos. MADRID 18 DE MAYO DE 1882. Paquete de 30 núms., una peseta.—NÚM. 50.

Revista Social

ECO DEL PROLETARIADO.

CONDICIONES DE LA SUSCRICION.

Un trimestre: una peseta en la Region española; y para las demás Regiones el mismo precio, mas el exceso de franqueo.

Las suscriciones se pagarán en sellos de 15 cénts. ó en papel de fácil cobro.—Los remitidos precios convencionales.

Se admiten suscriciones en Madrid, en la librería de Victoriano Suarez, Jacometrezo, 72, en el Almacen de papel, calle del Duque de Alba, 9, y en la Redaccion y Administracion de esta Revista, y en Barcelona, dirigirse á J. Pareras, calle de Fontanellas, 9, tienda.

SE PUBLICA TODOS LOS JUEVES.

Se dará cuenta de las obras ó folletos que se envien ejemplares á la Redaccion.

Los documentos, comunicaciones y escritos que se remitan por conducto de los obreros, sean de interés social, se publicarán gratis, como igualmente los que versen sobre hechos que los mismos garanticen.—No se devuelven los originales.

Administracion y Redaccion: Calle de la Habana, 6 duplicado, principal izquierda, donde se dirigirá toda la correspondencia.

car cómo es que los animales y las plantas son tan admirablemente adaptados al clima que habitan. ¿Cómo es que la garza real es tan admirablemente conformada para habitar los pantanos; el águila, para la caza; el camello, para el desierto; el pez, para el agua; etc.? Darwin ha enseñado que esta organización, apropiada al clima, es una consecuencia de la *solución natural,* secundada por la lucha, por la existencia. La misma influencia del medio produce al principio ciertos cambios en la organización, los que después se transmiten a los sucesores acentuándose más. La gacela, que es más ágil que otros; el águila, que tiene el ojo más vivo; el camello, que es más capaz de soportar la sed, tienen más probabilidades de sobrevivir en su lucha por la existencia y dejar una generación que, al heredar sus cualidades, las perfeccionará. Si al camello hoy su conformación le hace apto para el desierto, y a la garza real para el pantano, es porque todos los que nacían mal adaptados a su medio ambiente perecían o no tenian la suerte de dejar progenitura, mientras que los mejor adaptados sobrevivían y dejaban hijos que les parecían. El espíritu de un Creador no obra en esto para nada. Es un sencillo resultado de causas naturales.

La burguesía ha tratado de hacer de la *lucha por la existencia* un argumento contra el socialismo. Esto se comprende; ella echa mano de todo género de armas. Pero —sin entrar en consideraciones que el tamaño de la revista no permite— basta con decir que los hechos establecidos por Darwin son contrarios de todo punto a las teorías que quiere sostener la burguesía. Los mejor adaptados al medio son los que más sobreviven en la lucha por la existencia, dice la ciencia. Pero ¿quién está mejor adaptado al medio?, ¿aquel que produce todo, que inventa, que es capaz de trabajar intelectual y materialmente, de proveer él mismo a su subsistencia y desenvolvimiento; el obrero, en una palabra, o bien ese otro ser abyecto que no sabe producir nada, que desprecia el trabajo y que no sabe más que derrochar lo que otros han producido? Éste está condenado por la naturaleza a perecer, y él perecerá. He ahí lo que la ciencia dice.

Por otra parte, si Darwin no lo ha dicho, otros, aplicando sus métodos y desenvolviendo sus ideas, han demostrado que las especies sociables, en las que todos los individuos son solidarios los unos de los otros, son las que prosperan, se desenvuelven y se propagan; mientras que las especies que viven del robo, como el halcón, por ejemplo, están en decadencia por toda la superficie de nuestro globo. La solidaridad y el trabajo solidario —he aquí lo que consolida las especies en la lucha que sostienen contra las fuerzas hostiles de la naturaleza para mantener su vida—, esto es lo que nos dice la ciencia. Lejos de rechazar la explotación (cosa que no es posible), las investigaciones de Darwin y de sus sucesores son, por el contrario, un excelente argumento para probar que la mejor organización de una sociedad animal es la organización colectiva anarquista.

Como sabio, Darwin no ha llegado hasta las últimas consecuencias de sus investigaciones. Pero otros han desenvuelto sus ideas y explicado su verdadera significación, y sus ideas han dado un nuevo vuelo al movimiento ateo. En Rusia han contribuido poderosamente (tanto como una idea científica puede contribuir) al desenvolvimiento del movimiento revolucionario y al espíritu de análisis del nihilismo.

Analizar la influencia de Darwin sobre el desarrollo de las ciencias naturales, no es de nuestra incumbencia. Sin embargo, tenemos dos hechos que revelar en nuestro corto artículo.

El uno atañe a la influencia deletérea sobre la ciencia de los *sabios oficiales.* Cuando Darwin publicó su libro en 1859, todos los sabios (con escasas excepciones) estuvieron en contra suya; el público, las masas, estuvieron de su parte. Durante diez, quince años, los sabios no han cesado de decir: «Las hipótesis de M. Darwin son bellísimas, pero carecen de base científica». Las Academias rehusaban abrirle sus puertas; pero el número, el público, la juventud, han obligado a los sabios a aceptar las ideas de Darwin. Hoy sería difícil encontrar diez sabios que duden de la exactitud de sus ideas.

Darwin ha sido un infatigable trabajador. Viendo la inmensidad de investigaciones que ha hecho, se comprende que ha debido trabajar incesantemente toda su vida para recoger ese montón inmenso de hechos sobre los que ha basado sus teorías. Y, sin embargo, ha empleado treinta años en recogerlos antes de publicar su obra. En la sociedad futura, que todo el mundo tendrá la educación que ha tenido Darwin al principio de sus estudios y el tiempo bastante para dedicarse a la ciencia desde el momento en que cualquiera conciba una idea y recoja el número de hechos necesario para demostrarla, el mismo trabajo se hará en algunos años, todo lo más, por los esfuerzos colectivos. En una sociedad colectivista no hubieran transcurrido treinta años entre el anuncio de una idea y su consagración científica por los hechos necesarios en su apoyo. La idea lanzada en el mundo encontraría muchos cerebros dispuestos a estudiarlas, a extenderlas, a hacerlas dar fruto.

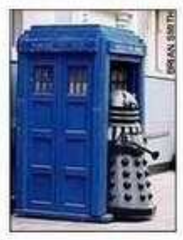
Una observación aún. Es una antigua costumbre la que tenemos, de decir «teoría de Darwin». El designar las teorías por el nombre de su autor, es siempre un lenguaje nacido del régimen de la propiedad particular. Y, en efecto, ha sido un gran error el creer que el cerebro de Darwin ha sido el que ha descubierto la bella teoría de la *selección natural.* Como todo grande descubrimiento, esta teoría ya se había previsto en el transcurso de nuestro siglo. Los sabios de la Francia revolucionaria del siglo pasado la habían vislumbrado; y en el mismo momento en que Darwin publicaba su libro, otro sabio, Walace, publicaba una obra sobre el mismo tema, mientras que Spencer llegaba por otro camino a análogas conclusiones. Lo que pertenece a Darwin es el haber elaborado esta teoría en todos sus aspectos, haber discutido los hechos que parecen contradictorios y haber acumulado en su apoyo un número inmenso de observaciones. Pero la teoría sobre el origen de las especies no es obra de un solo individuo; es obra del decimonoveno siglo.

Nota Final

Otros relevantes diarios madrileños, como los liberales *La Iberia* (21-IV-1882), *El Liberal* (21-IV) y *La Correspondencia de España* (21-IV); el conservador *El Tiempo* (21-IV); el matutino democrático *La Discusión* (21-IV) o el tradicionalista *El Siglo Futuro* (21-IV), se limitan solamente a incluir la noticia del servicio telegráfico: «Hoy ha fallecido, a la edad de setenta y un años, el célebre naturalista y fisiólogo inglés Carlos Darwin». Hay incluso quienes, como el conservador *El Estandarte,* no recogen tal noticia.

ESPACIO DE PUBLICIDAD

EX LIBRIS Scan Digit



The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

https://labibliotecadeldrmoreau.blogspot.com/

Los nuevos petróleos

por Bernard Tissot

Bernard Tissot es director científico del Institut Français du Pétrole.

■ **Las materias orgánicas fósiles, origen del petróleo y del carbón, también lo son de los nuevos petróleos: los esquistos bituminosos, los aceites pesados y las arenas asfálticas. Los primeros empezaron a ser explotados, un poco por todo el mundo, desde mediados del siglo XIX; en Francia se abrió la mina de Autun en 1838. Sin embargo, su futuro depende del desarrollo de procesos eficaces para su tratamiento *in situ,* objeto hoy de investigación en muchos países. Por lo que se refiere a los aceites y a las arenas, las producciones ya obtenidas en California y en el Canadá, así como los trabajos realizados en la Venezuela oriental hacen pensar que muy pronto podría iniciarse la explotación intensiva de estas fuentes energéticas. Cabe ya afirmar que estos petróleos sintéticos podrían colmar la diferencia entre la demanda y la oferta energética para el año 2000.**

■ La demanda mundial de petróleo, en crecimiento constante hasta estos últimos años, se sitúa en 1980-1981 al nivel de 3-3,1 mil millones de toneladas anuales gracias al importante esfuerzo en el ahorro de energía en los países industrializados, al cual hay que añadir los efectos de la recesión mundial. Pero, en general se piensa que esta estabilidad de la demanda no podrá prolongarse, a menos que haya una crisis particularmente grave. En efecto, la reducción del consumo en los países desarrollados no podrá proseguirse más allá de cierto umbral: en el momento en que los sectores donde el petróleo es difícilmente remplazable —transportes, petroquímica— constituyan la parte esencial de nuestro consumo, poco será el ahorro posible. Solamente los transportes, que representan ya el 40 % del consumo de petróleo en los países desarrollados, agotarán el 65 % en el año 2000. Considerando una tasa de crecimiento económico moderada se espera, pues, en éstos una demanda de 2,5 mil millones de toneladas, es decir, similar a la actual o un poco inferior. Por el contrario, los países en vías de desarrollo reclamarán cantidades constantemente crecientes, no sólo para los mismos usos que en los países desarrollados, sino también como combustible para calefacción, ya que hay que tener en cuenta la diversidad de usos del petróleo en las regiones donde la infraestructura y las redes de distribución de energía son aún inexistentes. En la mayoría de casos, esta fuente de energía ofrece la solución menos onerosa desde el punto de vista tecnológico y de inversiones. En estas condiciones, la demanda mundial se estima en 3,6 mil millones de toneladas por año en 1990 y de 4-4,5 mil millones en el año 2000, pese al notable ahorro en el consumo en los países industrializados. Cualquier otra perspectiva representaría poco menos que el estancamiento o la reducción del nivel de vida de los países del Tercer Mundo.

Para hacer frente a esta demanda, los recursos últimos de petróleo convencional, sin contar las reservas marinas profundas (más allá de 200 m) y árticas, se estiman en aproximadamente 300-350 Gt,(1) de las cuales 60 Gt han sido ya explotadas y 90 Gt han sido descubiertas y calificadas como explotables. El resto queda por descubrir, o deberá ser obtenido mediante métodos de recuperación asistida de las concentraciones residuales, actualmente dejadas en el propio yacimiento a falta de un procedimiento para extraerlas (fig. 2) (véase *La Recherche,* n.° 119, p. 148, febrero 1981). Parece que el considerable margen existente entre el petróleo potencialmente disponible y las cantidades ya explotadas (cerca de 240-290 Gt) debiera obviar todo problema agudo si se le compara con el nivel de la demanda. De hecho, los términos del problema son menos simples: de una parte, la preocupación de los países productores, en particular los del Oriente Medio con 2/3 de las reservas mundiales, es ahora la de favorecer la prolongación de la vida de los yacimientos más que de buscar un nivel de producción elevado; de la otra, los expertos ubican la mayoría de los recursos por descubrir en estos mismos países de Oriente Medio, donde el esfuerzo de exploración, el único que permitiría el acceso a nuevas reservas, es actualmente muy débil y retrasa dichos descubrimientos hasta un futuro más lejano. Además, se ha constatado que la tasa de nuevos descubrimientos, que hasta 1970 superaba a la de producción, ha pasado a ser sensiblemente inferior desde hace diez años.

De ello resulta que la producción probable del petróleo clásico en 1990 podría estimarse de entre 3,3 y 4 Gt/año, para seguidamente descender de forma regular hasta 3-3,5 Gt para el año 2000, quedando por cubrir de 0,5 a 1,5 Gt. Para hacer frente a esta situación, el petróleo de los mares profundos y árticos podría aportar en igual fecha 200 Mt/año. El resto debería ser suministrado principalmente en forma de «petróleo sintético», para lo cual, las más de las veces es necesario recurrir a los combustibles fósiles: aceites pesados, arenas asfálticas y esquistos bituminosos, tema de este artículo, a los cuales hay que añadir además los productos obtenidos por la licuefacción del carbón. Estos «nuevos petróleos» podrían cubrir toda o parte de la diferencia entre la demanda y la oferta: varios autores estiman su contribución posible en cerca de 400 Mt en el año 2000.

Un origen común: las materias orgánicas fósiles

Los nuevos petróleos presentan con el convencional un lazo de parentesco geológico bastante estrecho, lo cual explica que sean los mejores candidatos para proporcionar sustitutivos de los crudos clásicos (fig. 3); todos derivan de materias orgánicas fósiles sintetizadas por vegetales superiores en los continentes o por algas y otros organismos planctónicos en los mares y océanos. Sin embargo, unos preceden al petróleo: los esquistos bituminosos; y otros lo siguen como resultado de la degradación de los crudos clásicos: las arenas y calizas bituminosas o asfálticas.

Los esquistos bituminosos (cuadro 1) son de hecho rocas ricas en querógeno, materia orgánica sólida presente en las rocas sedimentarias (*La Recherche,* n.° 77, 1977). El querógeno es el resultado de la acumulación en medio reductor, en los limos de los fondos lacustres o marinos, de restos de algas y zooplancton que vivían en las aguas superficiales, ocasionalmente modificados por las bacterias activas en el cieno. Este querógeno constituye una

Figura 1. **Unidad destinada a ensayos de pirólisis de los esquistos bituminosos, en Laramie, Wyoming. La pirólisis permite convertir el querógeno, la materia orgánica constituyente del esquisto, en aceite; ésta es la etapa esencial del tratamiento industrial de los esquistos. Las tecnologías de pirólisis pueden ser *ex situ* y aplicadas después de extracción en minas o *in situ,* practicadas en la misma capa. Todas ellas son objeto de importantes investigaciones, en particular en Estados Unidos, Brasil, Unión Soviética...** (Foto A. Combaz.)

(1) Gt = mil millones de toneladas.

El volumen de las reservas depende de la disponibilidad y costo de las tecnologías empleadas por la explotación.

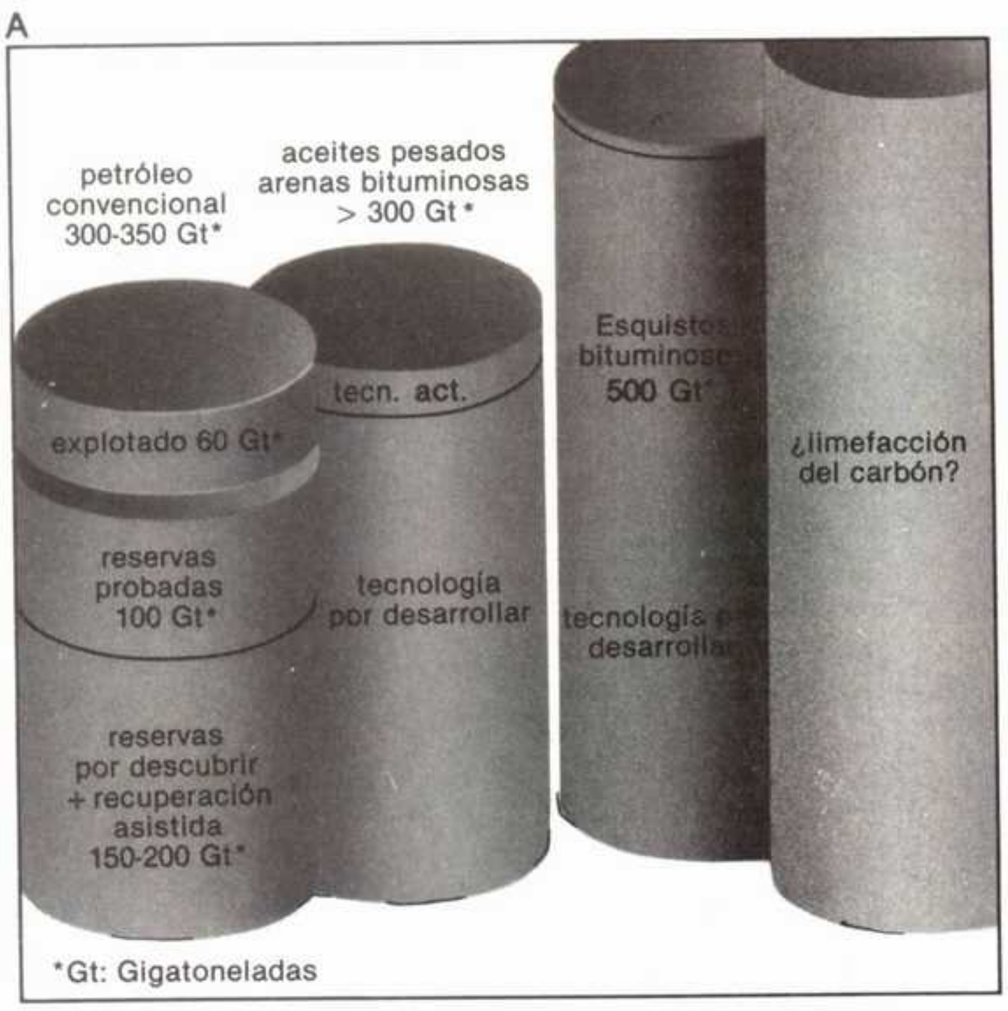


Figura 2. **Los recursos mundiales de petróleo convencional se estiman actualmente en 350 mil millones de toneladas como máximo.** (A) **Se trata del petróleo contenido en los yacimientos situados en tierra y en el mar que pueden ser puestos en producción mediante procedimientos clásicos. Las producciones adicionales que podrían ser obtenidas de estos mismos yacimientos por medio de recuperación asistida quedan igualmente comprendidas en esta cifra. En cambio, no se consideran aquí los yacimientos situados en los mares profundos y en las zonas polares dada la dificultad de su evaluación.**
Los recursos mundiales en sustitutos líquidos del petróleo son considerables (A). **Pueden ser obtenidos a partir de los aceites pesados y arenas asfálticas, esquistos bituminosos o incluso por licuefacción del carbón, pero no pueden ser comparados directamente con el petróleo convencional, ya que se trata de recursos potenciales de los que la tecnología actual no permite recuperar más que una modesta fracción en forma de aceites pesados (quizás entre el 15 y el 20 %), y muy menguada en el caso de los esquistos bituminosos (quizás entre el 5 y el 10 %).** (Según B. Tissot y M. Valais, *Pétrole et Technique*, en prensa.)
En el supuesto de un desarrollo razonable de la tecnología, se puede esquematizar la capacidad probable de producción de petróleo convencional y no convencional hasta el año 2020 (B). (Según P. Desprairies y B. Tissot. Conférence mondiale de l'énergie, 1980.)

especie de macromolécula, que da origen al petróleo cuando queda hundida a una profundidad de uno o varios miles de metros y es llevada así a una temperatura de 60 a 110 °C aproximadamente. En estas condiciones, la ruptura de varios de sus enlaces libera las cadenas hidrocarbonadas y anillos saturados y aromáticos constituyentes del petróleo. Por contra, en el caso de los esquistos bituminosos, la roca se encuentra a escasa profundidad, donde la temperatura es poco elevada y el querógeno permanece metaestable; su potencial para generar hidrocarburos queda preservado y sólo la industria humana puede realizarlo, mediante un tratamiento de pirólisis. Los esquistos bituminosos constituyen, pues, una roca-madre potencial de petróleo, particularmente rica, que no ha sufrido hundimientos bajo nuevas capas ni la consiguiente elevación de la temperatura.

Los aceites pesados, las arenas y calizas bituminosas o asfálticas se sitúan, por contra mucho más tardíamente en la geología petrolera (fig. 4). De hecho, se trata de yacimientos de crudo clásico que se ha acumulado en reservorios porosos (arenas, calizas vacuolares, etc.) donde generalmente ha sufrido una degradación química y bioquímica ligada a la invasión del depósito por aguas meteóricas.(2) Estas aguas que se infiltran en las capas desde la superficie están cargadas de oxígeno disuelto y permiten a las bacterias aerobias, en particular, el degradar selectivamente los componentes del petróleo, empezando por los n-alcanos e isoalcanos. Estas moléculas constituyen una gran parte de las fracciones ligeras y medias, particularmente valiosas, en los petróleos normales. Por el contrario, los componentes pesados del petróleo —resinas y asfaltenos— y las moléculas aromáticas sulfurosas (derivadas del benzotiofeno) son especialmente resistentes. De ahí, que el petróleo normal y fluido sea progresivamente modificado hasta formar bitumen pesado, viscoso, y muy a menudo rico en azufre, lo cual hace que se le conozca como arena/caliza bituminosa o asfáltica.

Los carbones, por otra parte, no son sino un caso particular de querógeno: aquél en el que enormes cantidades de vegetales superiores terrestres se han acumulado en depresiones intracontinentales o en los pantanos de las llanuras bajas que bordean el continente. Las materias orgánicas carbonosas, aunque son menos favorables a la producción de petróleo líquido; pueden constituir, no obstante, la fuente de ciertos petróleos parafínicos como ocurre, por ejemplo, en varias regiones de Indonesia o en la Venezuela oriental. A gran profundidad pueden generar cantidades importantes de metano, como en Europa occidental, donde las capas de carbón de la era carbonífera son la fuente del gas natural de Holanda y del que se ha encontrado en la parte meridional del Mar del Norte. Como origen de hidrocarburos, el carbón probablemente desmerece cualitativamente frente al querógeno, de los esquistos bituminosos, al que aventaja en sentido cuantitativo por su menor ganga, mientras que los esquistos contienen generalmente un 70 a 80 % de arcillas o carbonatos. En lo que sigue no consideraremos los sustitutos obtenibles del carbón, que por sí solos merecen un tratamiento especial.

Hace ya tres siglos

La industria de los esquistos data de por lo menos tres siglos, pues es conocida, desde 1694, la patente británica n.° 330 concedida a un tal Martin Eale, que «ha descubierto una manera de extraer grandes cantidades de bitumen, alquitrán y aceite a partir de una cierta

(2) Con muy pocas excepciones, compuestas de crudos jóvenes y poco evolucionados, naturalmente, pesados.

clase de roca», probablemente de los esquistos bituminosos de Escocia. Pero es solamente a mediados del siglo XIX cuando se abrieron algunas explotaciones permanentes en Francia (Autun desde 1850), después en Australia, Brasil, Nueva Zelanda, Suecia, España, Unión Soviética, China, etc.

La explotación de los esquistos alcanza su máximo —bastante modesto, ciertamente— durante la segunda guerra mundial, cuando numerosas explotaciones francesas (Autun, Saint-Hilaire, Séverac) suministraban algunas decenas de miles de toneladas anualmente. Pero, al poco, la abundancia de petróleo barato procedente de Oriente Medio arruinó esta industria, en la que el costo de mano de obra, particularmente para la minería y la trituración, suponía una pesada carga. Actualmente, sólo dos países poseen explotaciones de talla industrial: la Unión Soviética (RSS de Estonia), donde los esquistos son especialmente ricos, y la China (Manchuria), en la escombrera de una explotación de carbón. Con todo, son varios los países que disponen de plantas pilotos de notable envergadura, en especial Estados Unidos (Colorado) y Brasil (Paraná). Recientemente han sido anunciados proyectos de alcance industrial o semiindustrial en estas mismas regiones, así como en Marruecos y Australia. El inventario de las reservas mundiales de esquistos bituminosos es aún muy incompleto. Algunos países disponen de importantes recursos, cuya evaluación apenas se ha iniciado. Marruecos, por ejemplo, no figuraba en la lista hasta fecha reciente, pero han sido descubiertas importantes reservas de esquistos en varias regiones del país, hoy objeto de trabajos muy activos de prospección y valoración. En los países tradicionalmente productores, como Francia[3] la poca talla de las explotaciones no había justificado una prospección sistemática, pese a que seguramente hay reservas para algunos decenios.

Otras consideraciones vienen a complicar además el problema del inventario: el volumen de las reservas depende de la disponibilidad y del costo de las tecnologías utilizadas para la explotación: cantera, mina, tratamiento *in situ* a profundidad moderada o a gran profundidad. Y todo ello aun en mayor medida que en el caso del petróleo, ya que las tecnologías necesarias deben ser más complejas. Así, en la cuenca parisina, los esquistos bituminosos del Toarcieno se encuentran a todas profundidades, desde el afloramiento de Lorena hasta pozos de 2 500 m en Champaña, donde ninguna tecnología actual está presta para este caso. Por otra parte, al tratarse de un producto sólido, no se puede proceder a un ensayo global de la capa, como en el caso de un yacimiento petrolífero, sino que se tiene que realizar un muestreo continuo en toda su altura, seguido de un análisis exhaustivo, como ocurre con un yacimiento minero.

Con todas estas reservas, y a pesar de su carácter muy incompleto, el balance actual de los recursos mundiales, expresado en aceite potencial extraíble del esquisto, se eleva a más de 500 Gt (fig. 2). En el primer puesto va Estados Unidos (350 Gt), que posee el primer yacimiento del mundo, los esquistos de Green River, que abarcan tres estados: Colorado, Utah y Wyoming (fig. 5). Se trata de depósitos de un vasto lago del Eoceno (hace 50 millones de años): estos sedimentos calcáreos y arcillosos son muy ricos en materia orgánica y podrían proporcionar 300 Gt potenciales de aceite combustible. Localmente, en la parte profunda de la depresión de Uinta, estas rocas han desempeñado por otra parte el papel de rocas madre y formado el yacimiento petrolífero de Altamont descubierto hace diez años. En segundo puesto mundial está el Brasil, gracias al yacimiento de esquistos pérmicos de Irati que representa 120 Gt de aceite potencial. En la Unión Soviética, la kukersita del paleozoico inferior es un esquisto particularmente rico, explotado en el oeste de Leningrado, con reservas, no obstante, más limitadas (3,5 Gt de aceite).

Algunos esquistos bituminosos, aunque de extensión más modesta, constituyen verdaderas curiosidades geológicas en el sentido de que están compuestos esencialmente de un solo tipo

1. Los esquistos bituminosos: ni esquistos ni bitumen

■ Los esquistos bituminosos no tienen una clara definición geológica o química. Son rocas susceptibles de producir crudo en cantidad comercial cuando se las somete a un tratamiento de pirólisis. Vemos, pues, que tanto las fluctuaciones económicas como los avances tecnológicos pueden desplazar el umbral a partir del cual una roca puede ser tomada en consideración. Existe, no obstante, un límite inferior: el esquisto debe producir más energía en forma de crudo que la que consume durante la pirólisis. La energía necesaria para calentar el esquisto a 500 °C es de aproximadamente 250 calorías por gramo de roca; el valor calorífico de la materia orgánica (querógeno) es de aproximadamente 10 000 calorías/g. Si el contenido en querógeno es del 2,5 %, es justo suficiente para calentar la roca. En la práctica se considera a menudo como límite inferior de producción de crudo 40-45 litros/tonelada de roca, es decir un contenido en querógeno de 8-10 % como mínimo.

Los componentes minerales de los esquistos bituminosos pueden ser carbonatos, arcillas o una mezcla de ambos. Concretamente, el mayor yacimiento mundial (Green River, Estados Unidos), posee principalmente carbonatos. Sin embargo el término esquisto se aplica a veces tanto a las arcillas foliosas como a los sedimentos que hayan sufrido los efectos de metamorfismos (temperatura y presión); internacionalmente se reserva para este último caso. Vemos, por tanto, que el término esquisto es a menudo impropio (carbonatos) y puede prestarse a confusión (un esquisto bituminoso no ha sido nunca sometido a temperaturas y presiones elevadas; de lo contrario, habría perdido su facultad de generar crudo).

La materia orgánica de los esquistos bituminosos no es bitumen —es decir, una sustancia líquida o soluble en los disolventes habituales, como el cloroformo o el sulfuro de carbono— sino querógeno, un producto sólido e insoluble en todos los disolventes usuales. El bitumen es producido, de hecho, mediante un tratamiento industrial.

Podemos decir, en consecuencia, que un esquisto bituminoso no es generalmente tal ni contiene bitumen. La confusión se agrava por el paralelismo aparente con las arenas bituminosas, que de hecho son un producto totalmente diferente ya que contienen un bitumen sólido o líquido muy viscoso, cuyos componentes son totalmente solubles en los disolventes corrientes.

En esta categoría de productos, la distinción entre aceites pesados y arenas (o calizas) bituminosas o asfálticas es delicada, ya que se basa en la viscosidad en el mismo yacimiento. Como ésta está fuertemente influenciada por la temperatura, dos productos comparables, situados uno en el afloramiento (10 °C) y el otro a 1 200 m de profundidad (55 °C) podrían ser clasificados, el primero entre los asfaltos (viscosidad 10^5 centipoise) y el segundo entre los aceites pesados (viscosidad 1 000 centipoise). Esta distinción, si bien posee un sentido preciso para los problemas de producción, no lo posee para el geólogo, quien estudia su génesis, ni para el refinador, que intenta aprovecharlos.

(3) El inventario de los recursos franceses ha sido efectuado entre 1974 y 1977 por el BRGM, Charbonages de France, Compagnie Française des Pétroles, Institut Français du Pétrole y por la sociedad estatal Elf-Aquitaine, con la ayuda de la DGRST (programa GERB).

En las centrales eléctricas pueden ser utilizados esquistos ricos, directamente como combustible.

de residuos orgánicos, asociados a un poco de material mineral. Los *Botryococcus* son algas de agua dulce o salobre que pertenecen a las clorofíceas y forman colonias. Existen desde el precámbrico y en algunos lagos temporales de Australia del Sur forman un depósito llamado coorongita. La variedad *Botryococcus braunii,* fuente de la coorongita, presenta dos estados: la forma verde corresponde a las fases de crecimiento, la forma naranja a las etapas de supervivencia cuando el lago está seco. Esta última forma puede contener hasta 76 % de hidrocarburos, particularmente alcenos ramificados en $C_{34}H_{58}$. Entre las rocas antiguas se ha podido reconocer que las torbanitas de Escocia (carbonífero, alrededor de 300 MA) y las de Australia y África del Sur (pérmico, cerca de 250 MA) estaban enteramente compuestas, en su parte orgánica, por colonias de *Botrycoccus.* Igual ocurre con algunos niveles de esquistos de Autun (Francia). En los sedimentos marinos, otro grupo de algas, las tasmanáceas, componen la mayor parte de las rocas llamadas, por esta razón, tasmanitas (pérmico de Australia, 250 MA apróx., y Mesozoico de Alaska, 100-150 MA).

Simular la formación del petróleo

La etapa esencial del tratamiento industrial de los esquistos bituminosos es la pirólisis, que produce aceite de esquisto a partir del querógeno. Resumiendo, se trata de simular en nuestros reactores la lenta transformación que en el subsuelo necesita algunos millones de años para generar finalmente petróleo. Mediante estudios de cinética química se puede demostrar que si se sobrepasan las temperaturas de 60 a 110 °C, alcanzadas habitualmente en las cuencas petrolíferas, a temperaturas de 450-550 °C, se podría convertir el querógeno en aceite en un tiempo que varía de algunos minutos a algunas horas.

Han sido empleados varios procedimientos, o están siendo propuestos actualmente, para asegurar la pirólisis de los esquistos. La mayoría consisten en métodos *ex situ,* es decir, que precisan una explotación previa de la roca por medio de cantera o mina poco profunda, seguida de tratamiento en hornos de varios tipos, según la riqueza del esquisto y del interés que se tenga en el gas producido. Pero el futuro podría pertenecer más bien a los procedimientos *in situ,* que se inspiran en las técnicas petroleras y tratan de realizar la pirólisis del esquisto en el subsuelo (cuadro 2). Finalmente, no hay que olvidar la posibilidad de emplear los esquistos ricos directamente como combustibles en una central térmica: éste es el caso de los esquistos explotados en la Unión Soviética (Estonia), cuya mayor parte es triturada y quemada en centrales, del mismo modo que el carbón pulverizado. Sin embargo, las más de las veces la cantidad de cenizas así producidas es muy importante.

El aceite de esquisto generado por la pirólisis, si bien presenta características globales próximas a las de algunos petróleos brutos de Oriente Medio, pesados y ricos en azufre (densidad, curva de destilación, concentración de azufre), se distingue de ellos por algunos aspectos específicos debidos a la elevada temperatura de las reacciones de fraccionamiento del querógeno. Las olefinas, compuestos que no se presentan normalmente en los petróleos brutos ya que no son estables en las condiciones del yacimiento, pueden representar cerca de un tercio del aceite de los esquistos, lo cual presenta inconvenientes para su utilización, pues las refinerías existentes, al igual que las normas específicas para los carburantes, no están preparadas para admitir una proporción tan importante de estos compuestos. Su contenido en nitrógeno es también muy superior al del petróleo crudo: a las temperaturas de génesis del petróleo, las estructuras heterocíclicas que contienen nitrógeno son escasamente afectadas, lo que implica que las proporciones de compuestos nitrogenados sean muy débiles (concentración media de N en el petróleo: 0,1 %); por el contrario, hacia 450-500 °C, una fracción importante del nitrógeno pasa a los aceites de esquistos (concentración de N hasta más del 2 %). Habría, pues, que modificar los esquemas actuales de refino a fin de eliminar la mayor parte posible de nitrógeno, fuente potencial de contaminación atmosférica, así como del envenenamiento de los catalizadores empleados en el proceso. De una manera general, antes de entrar en un esquema clásico de refinería, el aceite de esquisto deberá seguir unos tratamientos de hidrogenación previos, bastante intensos, destinados a eliminar las olefinas, el nitrógeno y el azufre.

País	Yacimiento	Depósito		Recursos (Gigatoneladas)
		Naturaleza	Edad	
Venezuela	Orinoco	arenas	(millones de años) (10-100)	150 a 300
Canadá	Athabasca Cold Lake Wabasca Peace River	arenas	Cretáceo inferior (100)	140 a 200
Canadá	«Triángulo carbonatado» (Alberta)	carbonatos	Paleozoico (350-400)	?
URSS	Melekees (Volga-Ural)	arenas, carbonatos	Pérmico (250)	20
	varios	id.	Paleozoico	3
EEUU	Utah y California	arenas	Paleozoico (> 200) y Terciario (50-60)	4
Otros países				50 a 70
Total				370 a 600

Los recursos mundiales de aceite pesado son enormes, como atestiguan los valores aquí registrados que, no obstante, sólo se refieren a las cantidades presentes en el terreno, sin que sea posible definir actualmente qué porción de estas reservas será movilizable por procedimientos *ex situ* (minería) o *in situ.* En la mayoría de casos, la gran viscosidad de los productos hará que su explotación requiera la puesta a punto de nuevos procedimientos.

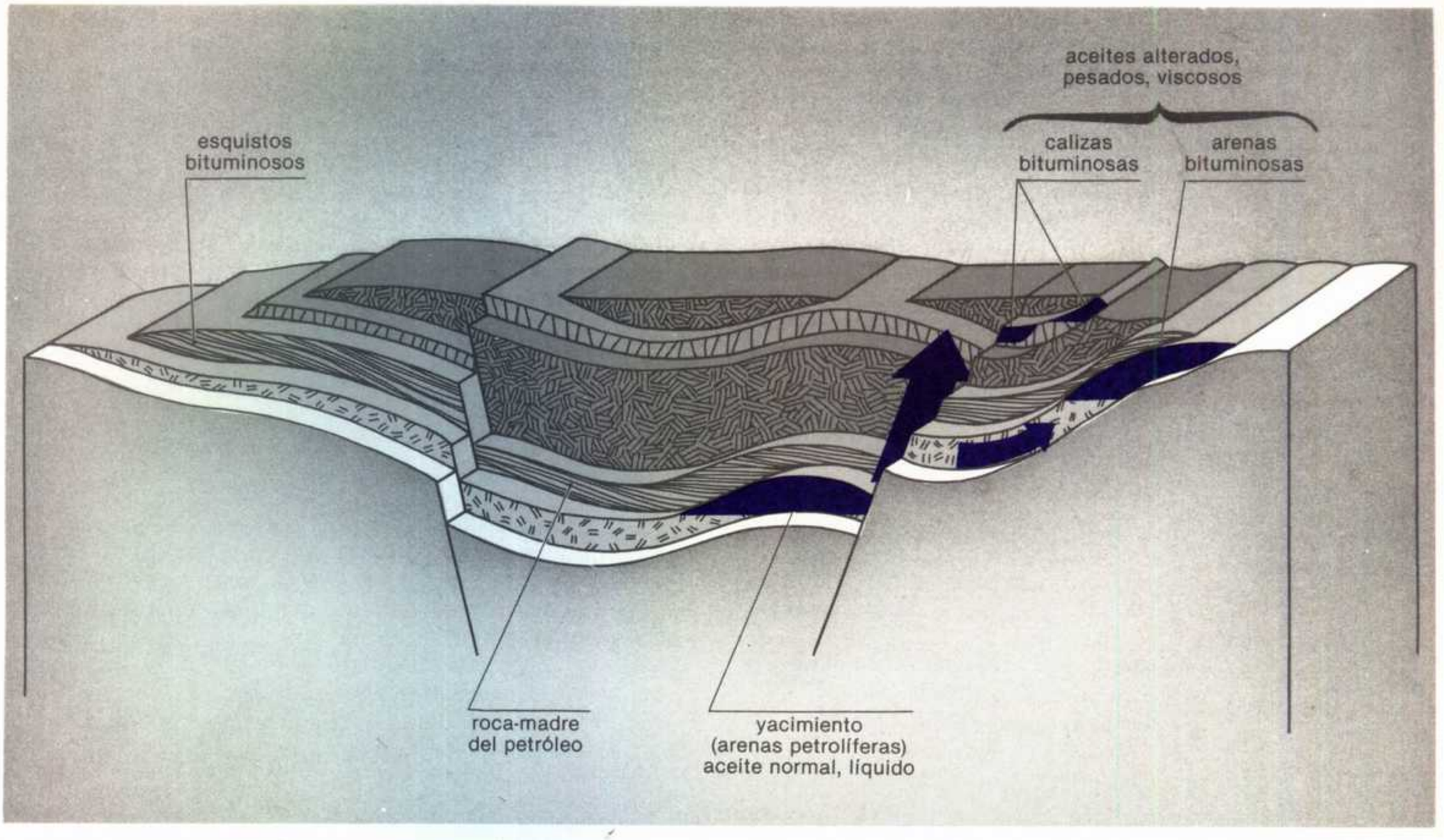


Figura 3. **Este corte esquemático efectuado a través de una cuenca sedimentaria muestra las relaciones entre la roca-madre del petróleo, esquisto bituminoso, yacimiento de crudo y arena bituminosa. Estos petróleos «clásicos» y «nuevos» tienen todos el mismo origen: el querógeno. Sin embargo, los esquistos se sitúan más arriba del petróleo: enterrados a poca profundidad, el querógeno no ha podido liberar cadenas de hidrocarburos debido a la poca temperatura. Por el contrario, los aceites pesados, las calizas y las arenas bituminosas son el resultado de una degradación de los aceites crudos clásicos procedentes del querógeno de las rocas madres.**

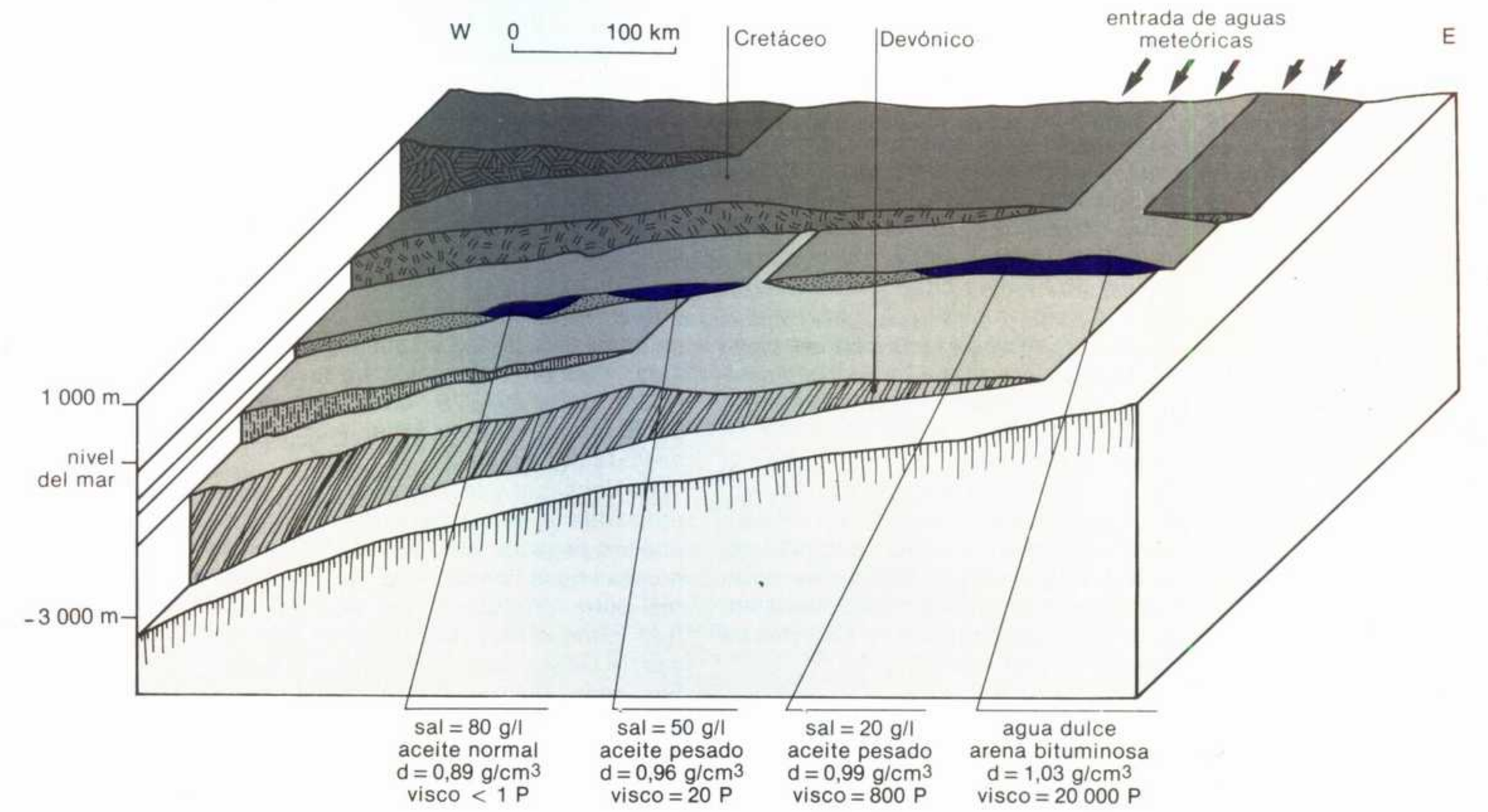


Figura 4. **El petróleo normal y fluido resulta progresivamente modificado a consecuencia de su contacto con aguas meteóricas, aguas cargadas de oxigeno que penetran en el suelo y lo convierten en aceite más pesado y viscoso. Este corte esquemático de la cuenca de Alberta, en el Oeste del Canadá, muestra la sucesión de los aceites normales, en la parte profunda de la cuenca, y de aceites pesados y finalmente de arenas bituminosas en las proximidades de los afloramientos.**
La entrada de aguas meteóricas en las arenas de la base del Cretácico está marcada por una disminución de la salinidad de las aguas desde 80 g/l, hasta llegar a las aguas prácticamente dulces en las zonas de los afloramientos. Al mismo tiempo, los aceites son degradados progresivamente por la acción química y bioquímica: sus densidades aumentan hasta sobrepasar 1 g/cm^3, mientras que puede llegar a ser de más de 10 000 P.

Los recursos mundiales de aceites pesados, arenas y calizas asfálticas son considerables.

Los esquistos bituminosos presentan finalmente un serio problema ambiental. La relación entre la cantidad de aceite producido y el volumen de roca tratado es del orden de 50 a 100 kg/tonelada. Una explotación de gran envergadura, que produzca 5 millones de toneladas de aceite por año (es decir 5 % del consumo francés) llevaría, pues, a la extracción de 100 millones de toneladas de esquisto a 50 kg/tonelada, o sea, cerca de 50 millones de m^3 además de, eventualmente, las escombreras. Si suponemos una capa de 10 metros de espesor, la cantera de esta explotación representaría un frente de 5 km de largo avanzando un kilómetro cada año, perspectiva difícilmente admisible en nuestros países. El problema es probablemente más fácil, bajo este aspecto, en Colorado, donde el gran espesor de las capas, la alta concentración de los esquistos (más de 100 kg de aceite por tonelada) y la topografía favorable permiten plantearse una explotación subterránea mecanizada.

Otros problemas referidos al medio ambiente están ligados al consumo de agua (que, según el procedimiento, puede llegar a 4 m^3 por m^3 de aceite de esquisto), al humo y al almacenamiento de los esquistos tratados. La importancia de estos distintos aspectos varía, por supuesto, con la geografía física y humana de la región considerada.

Las investigaciones para el aprovechamiento de los esquistos bituminosos se centran principalmente en las tecnologías de la pirólisis *ex situ* aplicadas después de la extracción minera, o *in situ* practicadas en las mismas capas de esquistos (cuadro 2). También se estudian al refino y el aprovechamiento de los aceites de esquistos, así como todos los problemas citados en relación con el medio ambiente. Algunos métodos de tratamiento *ex situ* parecen prestos a pasar a la etapa industrial en regiones poco pobladas, como Colorado (Estados Unidos), Paraná (Brasil) o Timahdit (Marruecos). Por su parte, la explotación *in situ,* aunque precisa aún de considerables esfuerzos de investigación, se presenta como condición necesaria para la valorización de los recursos de esquistos bituminosos existentes en regiones habitadas o situadas en capas muy profundas (fig. 1).

Productos pesados y viscosos

Los petróleos degradados, que son los aceites pesados y las arenas o las calizas asfálticas, se distinguen por su composición, considerablemente alterada, que afecta a sus propiedades físicas. Contienen menos hidrocarburos, y particularmente alcanos, que el petróleo normal, pero son ricos en compuestos aromáticos sulfurosos (derivados del benzotiofeno) y, sobre todo, en resinas y asfaltanos.

Las resinas y asfaltenos, que son los constituyentes pesados normales pero minoritarios, del petróleo clásico (de 0 al 20 % en peso), son aquí un componente importante (del 25 al 70 %). Su abundancia afecta directamente a las propiedades químicas de los aceites pesados: la relación atómica H/C es inferior a la del petróleo clásico (cerca del 1,5 frente a 1,8 o 1,9); las proporciones de azufre, nitrógeno y de metales son más elevadas. El azufre contenido en los compuestos benzotiofénicos y en los heterociclos de las resinas y de los asfaltenos alcanza con frecuencia el 5 % y algunas veces hasta el 10 % en peso del aceite total; en nitrógeno está concentrado principalmente en estos últimos componentes y representa hasta el 1 % aproximadamente. Los metales pueden alcanzar hasta 150 ppm níquel y 1 200 ppm vanadio, y su localización plantea un problema complejo: las porfirinas del níquel y del vanadio, moléculas derivadas de la clorofila, han sido identificadas en el petróleo y permiten explicar una fracción variable (del 5 al 100 %) de estos cuerpos. El resto de los metales están ligados a la fracción de asfaltenos, pero aún no ha sido posible identificar en qué forma se encuentran.

Las propiedades físicas están también afectadas por la abundancia de resinas y de asfaltenos: la densidad es próxima a 1 (0,95 a 1,05) y su viscosidad es elevada, ya que puede sobrepasar en ciertos casos 10^6 centipoises en las condiciones de un yacimiento como el de Athabasca.(4) El problema de la viscosidad de los aceites pesados parece ligado a las asociaciones intermoleculares de asfaltenos en el aceite. Esta hipótesis explicaría las variaciones espectaculares de las viscosidades obtenidas mediante elevación de la temperatura: entre 20 y 75 °C, la viscosidad del aceite pesado de Athabasca queda dividida por 1 000.

La densidad y la viscosidad han sido utilizadas a veces para distinguir los aceites pesados (de 100 a 10 000 centipoises en las condiciones del yacimiento), entre productos que pueden aún fluir, aunque muy difícilmente y con tasas de recuperación irrisorias, y bitúmenes (más allá de 10 000 centipoises), que no tienen ninguna movilidad. Las rocas que contienen estos últimos productos son designadas entonces, según los casos, como arenas o calizas bituminosas (o asfálticas). De hecho, no existe discontinuidad entre estos productos, que pertenecen a la misma familia y plantean los mismos problemas de explotación y de refinado, cuya dificultad van en aumento con la proporción de productos pesados.

Salir de los métodos clásicos

Los recursos mundiales en aceites pesados, arenas y calizas asfálticas, son considerables. En el Canadá, en la provincia de Alberta, las enormes acumulaciones situadas en las arenas del cretácico (100 MA) de Athabasca, de Wabasca, Cold Lake y Peace River, se evalúan sobre el terreno entre 140 y 200 Gt aceite. Debajo se encuentran las calizas asfálticas del paleozoico, cuyo inventario no se ha realizado sistemáticamente, pero que podrían contener también cantidades considerables de bitúmenes. En la Venezuela oriental, la «faja petrolífera» del Orinoco podría contener acumulaciones comparables o incluso superiores: la exploración prosigue en la actualidad y las estimaciones oscilan entre 150 y 300 Gt. Otros yacimientos, menos importantes se encuentran en la Unión Soviética, Madagascar, California, etc. (tabla 1).

No olvidemos, sin embargo, que estas reservas no son comparables directamente con las del petróleo convencional. Se trata, en efecto, de cantidades en el terreno, de las cuales actualmente no sabemos recuperar más que una parte pequeña, ya que la puesta en producción de estos yacimientos es a menudo imposible de realizar mediante los procedimientos clásicos, debido a la gran viscosidad de estos productos. En ciertos casos, sin embargo, se puede efectuar una explotación en cantera —para los productos más pesados y viscosos— o emplear técnicas de tratamiento *in situ,* mediante perforaciones petrolíferas para los productos menos viscosos. De esta manera, de las 140-200 Gt existentes en el Canadá occidental, cerca de 6 Gt solamente podrían ser explotables mediante técnicas mineras, y 40 Gt en un futuro próximo mediante tratamiento térmico *in situ.* El resto —100 a 150 Gt— no podrían ser extraídas más que a partir de nuevas tecnologías aún por descubrir y desarrollar.

En el Canadá funcionan actualmente dos explotaciones *ex situ,* en la región de Fort Mac Murray, en el yacimiento de Athabasca. Las arenas bituminosas se extraen en canteras y seguidamente son transportadas hasta unos hornos donde son tratadas con agua caliente con miras a separar el bitumen de la arena. Esta última se devuelve a la cantera a fin de asegurar su llenado. Conjuntamente, dos explotaciones producen actualmente cerca de 8 Mt anuales.

Algunos aceites menos viscosos, presentes en California y en la parte occidental de Venezuela, están siendo explotados mediante tratamiento *in situ.* Por medio de las perforaciones de tipo petrolero se inyecta vapor a temperatura y presión elevadas (300 °C, 100 bar),

(4) El poise es la unidad de viscosidad generalmente empleada, equivale a 0,1 pascal/segundo.

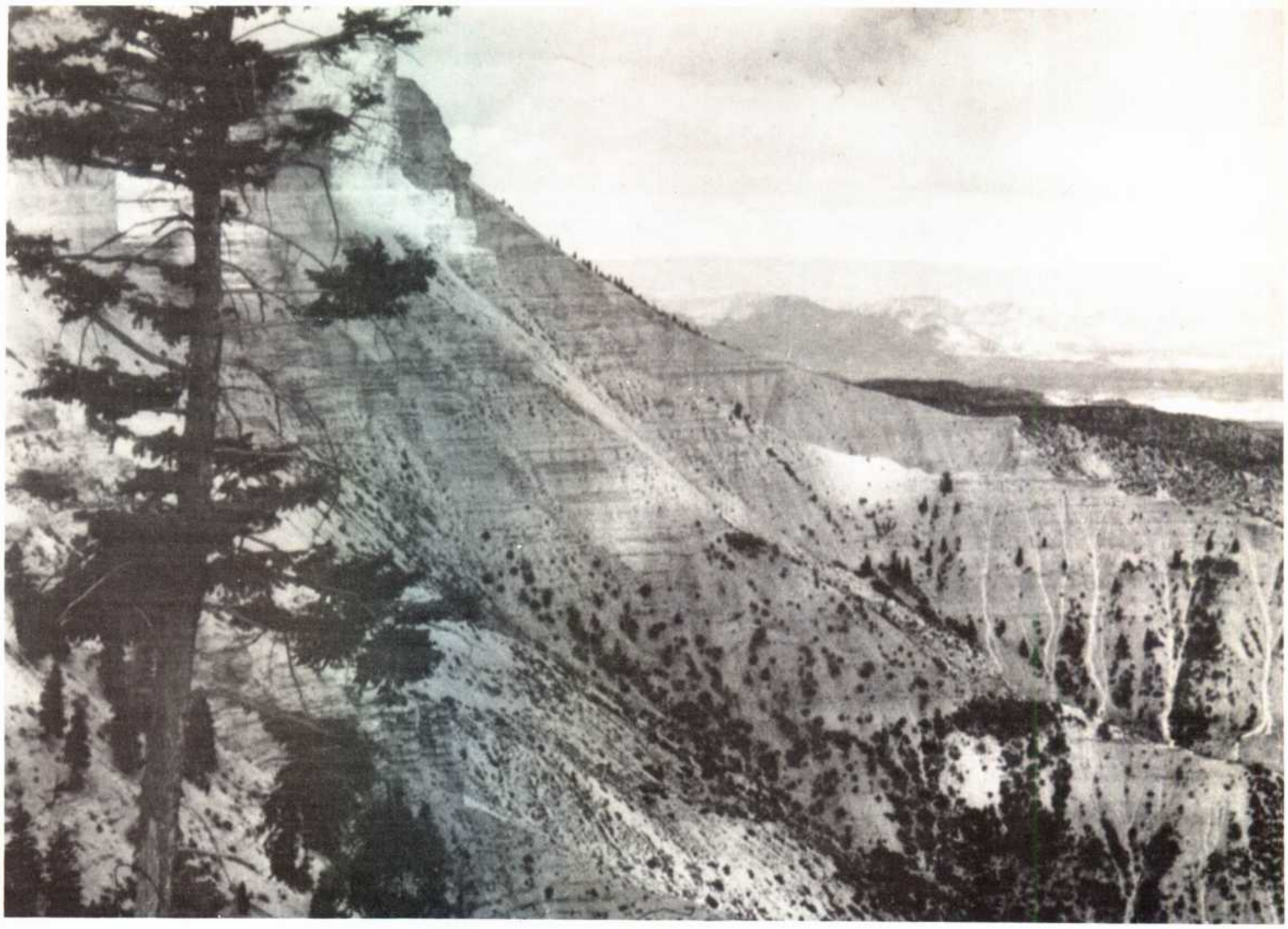


Figura 5. **El inventario mundial de los esquistos bituminosos es aún muy incompleto. Algunos paises como la Unión Soviética, Brasil y Estados Unidos tienen importantes recursos; esta fotografía muestra el acantilado de esquistos bituminosos de Green River cerca de Rifle en Colorado. Sin embargo otros paises no han empezado hasta hace poco su evaluación de recursos; Marruecos acaba de descubrir reservas importantes en varias regiones.** (Foto A. Combaz.)

2. Cómo tratar los esquistos bituminosos

■ El tratamiento del esquisto está basado en la pirólisis a temperaturas situadas por lo general entre 450 y 550 °C. Varios métodos industriales han sido utilizados o probados al efecto, después de la extracción y triturado del esquisto (métodos *ex situ*):

— calentamiento externo a través de la pared del horno: el método Pumpherston, utilizado en Escocia desde 1860, es el origen de la mayoría de los utilizados hasta la segunda guerra mundial; la capacidad de tratamiento es pequeña y el balance energético mediocre;

— la combustión en un horno de tratamiento permite mejorar el balance energético: es el caso de la instalación piloto del Bureau of Mines de Estados Unidos, que ha propiciado el nacimiento de varios métodos experimentados durante los años setenta; en este caso, el gas producido es un gas pobre, diluido con el nitrógeno del aire inyectado y con los productos de combustión;

—la circulación de gases calientes, producidos en un horno separado, es una mejora del método precedente ya que permite disponer de un gas con poder calorífico más elevado (método brasileño);

— finalmente, el calentamiento de la carga puede asegurarse mediante sólidos calientes: bolas de cerámica, o simplemente cenizas calientes procedentes de la combustión del esquisto (hay varios métodos: norteamericano, alemán y soviético).

Los métodos de tratamiento *in situ* están en fase experimental. Se inspiran en las técnicas petroleras y tratan de establecer mediante fracturación artificial de la roca una conexión dentro de la capa entre el pozo de inyección y el pozo de producción; pudiéndose iniciar entonces una combustión en el primero. La propagación del frente de combustión conduce primeramente a la pirólisis del esquisto: el aceite mana hacia el pozo de producción, mientras que el residuo orgánico (coque) quema y mantiene así la combustión. De hecho, los ensayos —llevados a cabo principalmente por el Bureau of Mines, y después por el Department of Energy de los Estados Unidos— han chocado con grandes dificultades para controlar la fracturación y el avance del frente de combustión. De ahí, que la recuperación obtenida en estos ensayos no haya superado sino en porcentaje escaso la producción teórica de crudo. Se requiere aún, pues, un gran esfuerzo de investigación tecnológica.

Un método mixto (semi *in situ*) ha sido propuesto en los Estados Unidos. Consiste en explotar mediante galerías de mina el 15-20 % de los esquistos, en la parte inferior de la capa del mineral; luego se procede a un derrumbamiento mediante explosivo, con lo que se constituye una especie de cámara de pirólisis subterránea, donde se inicia una combustión tal como se ha explicado anteriormente.

Los esquistos bituminosos no aportarán ninguna contribución importante al balance petrolero sin un avance tecnoiógico en el tratamiento «in situ».

que transfieren su calor al bitumen, cuya viscosidad disminuye entonces de manera considerable, lo que permite bombearlo a través de los pozos de producción. En estas dos regiones, se producen alrededor de 20 Mt por año gracias a este procedimiento.

Otras prácticas-piloto han tenido o están teniendo lugar en otras regiones: podemos citar, entre las pruebas realizadas por sociedades francesas, la inyección de vapor en el Lacq superior, en Francia, y en North Battleford, en el Canadá. Por su parte, el Institut Français du Pétrole realiza con el Ministerio del Petróleo de Rumanía dos explotaciones-piloto mediante combustión *in situ.* Este procedimiento consiste en inyectar aire a través de perforaciones, para hacer progresar un frente de combustión desde los pozos de inyección hacia los de producción. A medida que este frente se acerca, el aceite pesado es al principio pirolizado, produciendo compuestos ligeros que escapan hacia los pozos de producción, y un residuo comparable al carbón de coque, que es finalmente alcanzado por el frente de combustión y sirve de motor a éste. Una de estas explotaciones produce en la actualidad 350 000 t anualmente.

Otras técnicas se hallan en proceso de ensayo en el laboratorio o sobre el terreno: el IFP estudia la posible adición de disolventes o tensioactivos a los métodos térmicos, así como las condiciones de disolución del CO_2 en los aceites pesados; por su parte, la sociedad estatal Elf-Aquitanie ha realizado una prueba de inyección de CO_2 seguida de producción por el mismo pozo, en las acumulaciones de aceites pesados en Grenade, en la Aquitania.

Sin embargo, hay que señalar que ninguna técnica de explotación *in situ* ha sido experimentada sobre bitúmenes tan pesados como los de Athabasca y yacimientos vecinos. A este respecto, la explotación piloto prevista para los próximos años en la región de Cold Lake, donde se empleará la inyección de vapor en profundidad entre las arenas asfálticas, será una prueba importante.

Teniendo en cuenta la profundidad donde se sitúan la mayor parte de las reservas del Canadá y de Venezuela oriental (más allá de los 50 m), solamente los métodos de tratamiento *in situ* permitirán recuperar toda o parte de las inmensas reservas inaccesibles mediante canteras.

Los aceites pesados presentan problemas específicos de refinado ya que necesitan una reconversión importante de nuestras instalaciones actuales. Las principales dificultades encontradas en el refinado y la utilización de los aceites pesados provienen de sus propiedades particulares, diferentes de las del petróleo normal y de las cuales varias están ligadas directamente a la elevada proporción de resinas y asfaltenos:

— la relación hidrógeno carbono es demasiado pequeña en relación con la del petróleo clásico;

— las concentraciones de metales (vanadio y níquel), en azufre y nitrógeno deben ser eliminadas de los productos a fin de proteger el medio ambiente;

— la viscosidad elevada, que hay que esforzarse en reducir, así como los fenómenos de inestabilidad que pueden plantear problemas para el mantenimiento y la combustión de los combustibles producidos.

Además, la demanda de productos ligeros —en particular de carburantes para el transporte— aumenta constantemente, y los aceites pesados los contienen en poca cantidad.

La mejora de la relación H/C puede ser abordada de varias maneras. Primeramente eliminando carbono, o más bien un residuo muy rico en carbono: son los tratamientos de desasfaltado (precipitación de asfaltenos mediante disolventes ligeros) o de coquización (depósitos de carbón de coque producido en el fraccionamiento del crudo). Seguidamente se puede introducir hidrógeno en el producto de la fase precedente mediante fraccionamiento para formar compuestos ligeros (hidrofraccionamiento); los hidrotratamientos tienen igualmente como finalidad eliminar una parte del nitrógeno y del azufre, así como de metales. Finalmente, el tratamiento de viscorreducción es una destilación térmica fraccionada destinada a reducir la viscosidad de los productos.

Para preparar la conversión necesaria de nuestra industria de refino, el Institut Français du Pétrole, la Compagnie Française des Pétroles y la sociedad estatal Elf-Aquitanie han decidido asociarse para realizar conjuntamente una plataforma experimental de refino cuya construcción ha empezado en 1981 en Solaize, cerca de Lyon, y que será capaz de tratar 20 000 t de petróleo pesado anualmente. Este programa, que ha recibido el apoyo del Fonds de Soutien aux Hydrocarburs, permitirá verificar a escala industrial los nuevos procedimientos de tratamiento adaptados a las características de los petróleos pesados. Los aceites pesados y los esquistos bituminosos constituyen, junto con el carbón, la fuente natural más abundante de cadenas carbonadas, aparte el petróleo convencional (fig. 6), recursos en el terreno probablemente superiores a los del petróleo clásico; además, su localización es conocida y, si bien necesitan un trabajo de inventariado considerable, no están sometidas a las incertidumbres de la exploración. Estos nuevos petróleos no representan, sin embargo, la única solución al problema de los sustitutos líquidos del petróleo y de sus derivados. En algunos países otros métodos de sustitución que producen directamente carburantes sintéticos, en lugar de un petróleo sintético pueden presentar un interés particular. Pueden obtenerse combustibles hidrocarbonados mediante gasificación de carbón, asfaltos de petróleo o residuos orgánicos, seguidos de síntesis Fisher Tropsch o por el método Mobil. La síntesis Fisher-Tropsch está siendo utilizada en África del Sur por razones estratégicas, y el método Mobil en Nueva Zelanda, debido a su riqueza en gas natural no explotado. Por otro lado se producen carburantes oxigenados por fermentación a partir de la biomasa, como en Brasil, o por síntesis química, como el procedimiento IFP (metanol más alcoholes pesados) (véase *Mundo Científico* n.° 2, p. 160).

Sin embargo, teniendo en cuenta las enormes reservas potenciales y su estrecho parentesco con el petróleo, podemos pensar que los aceites pesados y las arenas asfálticas serán la primera vía utilizada a escala mundial para cubrir el déficit de petróleo convencional. Las producciones ya obtenidas en California, Canadá, y los activos trabajos llevados a cabo en este sentido en la Venezuela oriental dan buena prueba de ello. El futuro de los esquistos bituminosos es menos claro. Los métodos *ex situ,* precisan de una extracción minera previa, y no parecen que puedan desembocar en producciones de gran envergadura, salvo en condiciones locales muy particulares, sea por problemas medioambientales sea por el costo de mano de obra. Un avance tecnológico que permitiese el desarrollo de métodos eficaces de tratamiento *in situ* es una condición necesaria para que el aceite de esquisto contribuya significativamente al balance petrolero. ■

Para más información:

■ X. Boy de la Tour, H. Le Leuch, «Nouvelles techniques de mise en valeur des resources d'hydrocarbures» *Revue Inst. Franc. Pétrole. 36,* n.° 3, 251, 1981.

■ J. Burger, «L'explotation des pyroschistes ou schistes bitumineux», *Rev. Inst. Franc. Pétrole, 28,* 315, 1973.

■ G. Demaison, «Tar sands and supergiant oil fields», *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull, 61,* 1950, 1977.

■ B. Tissot, D. Welte. *Petroleum formation and occurrence,* Springer Verlag, 1978.

■ B. Tissot, «Connaissances actuelles sur les produits lourds du pétrole», *Rev. Inst. Franc. Pétrole, 36,* n.° 4, 1981.

¿Es sexista la ciencia?

■ Han sido muchas las veces que la ciencia ha sido estudiada como fenómeno social y cultural. Se han cuestionado, por ejemplo, sus presupuestos filosóficos, sus relaciones con la técnica, la industria, etc. Pero hasta hoy no parece que nadie se haya interesado mucho por indagar si era una institución «masculina» o «femenina».(1) En principio, una pregunta así puede parecer totalmente inoportuna. ¿Cómo suponer que *la ciencia*, cualquiera que sea el sentido exacto que se le dé a esta palabra, exonera de un análisis en términos de sexualidad, patriarcado, «machismo»?

Una ciencia que confirma la identidad de los varones

Sin embargo, ésta es la tarea que se ha señalado el historiador inglés Brian Easlea en una obra, cuyo significativo título es: *La ciencia y la opresión sexual. La confrontación del patriarcado con la mujer y la naturaleza*.(2) Su tesis principal puede resumirse así: la «ciencia moderna», tal como se constituyó en el siglo XVII, es una empresa que encarna valores masculinos y que ha permitido a los hombres afirmar su superioridad sobre las mujeres. Una afirmación tal, sobre todo si se reduce a estos términos, puede parecer una provocación (en particular a los ojos de los defensores de la «ciencia pura») y, al punto, suscita numerosas cuestiones. Ésta, entre otras: ¿por qué habrían tenido los hombres necesidad de recurrir, pues, a la ciencia para reforzar su identidad frente al segundo sexo? Antes de contestar, precisemos qué quiere decir Brian Easlea cuando evoca el carácter fundamentalmente masculino de la «ciencia».

Según él, conviene interpretar la «revolución científica» (Galileo, Newton, etc.) atendiendo a una distinción cultural sólidamente establecida. De un lado está el «modelo» masculino, del otro el «modelo» femenino, uno y otro cómodamente caracterizados por una serie de calificativos constrastados: el hombre es fuerte, la mujer dócil —el hombre es valeroso, la mujer sumisa— y así sucesivamente. En especial, el hombre es considerado *activo*; la mujer, *pasiva*. Lo que significa que el hombre es el único verdaderamente capaz de crear y de ejercer el mando; la mujer «ideal», al ser lo contrario, pasa como ser dócil, maleable, hecho para obedecer. Para Brian Easlea, esta oposición tiene un sentido social absolutamente práctico; constituye, por decir así, el dogma central (explícito o implícito) de todos los patriarcados; y en concreto, de diversas formas de patriarcado presentes en nuestra sociedad desde el siglo XVII hasta nuestros días. Una clara «división de trabajo» se opera entre los sexos, división que se refleja en las costumbres y las instituciones en general. De donde la idea de esta indagación sobre la «ciencia»: ¿no se podría demostrar que ésta es una actividad conforme el arquetipo masculino ideal?

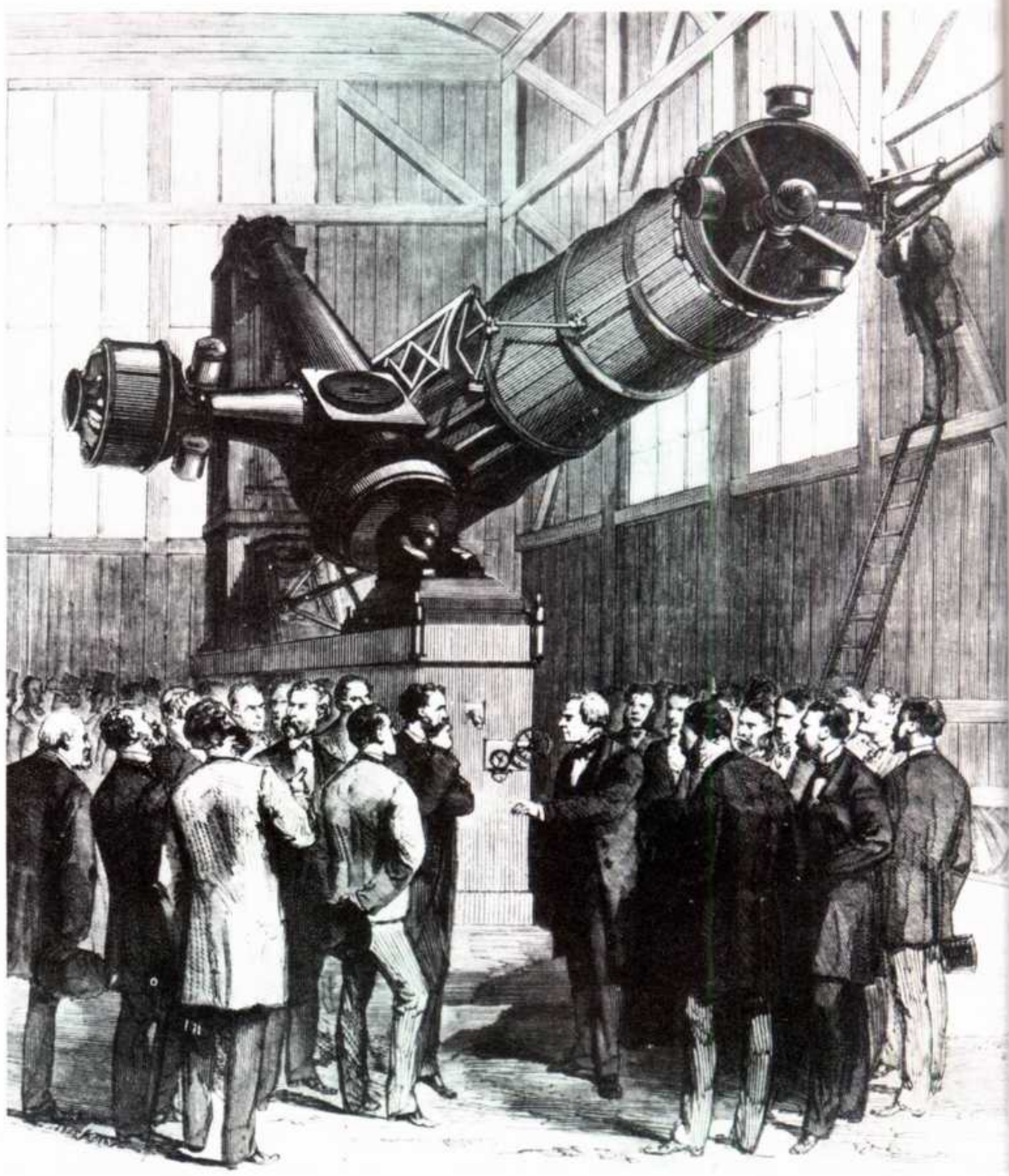
En nuestra cultura, hay establecida una clara y fuerte oposición entre el hombre y la mujer. El hombre es fuerte, valeroso, activo, creador, inteligente, mientras que la mujer es dulce, paciente, pasiva, etc. En definitiva, el hombre es «superior» a la mujer... Estas «imágenes» culturales tienen implicaciones en todos los campos de la actividad humana. Por otra parte, quizá sea necesario ponerlas en relación con algunas grandes etapas de nuestra evolución social. Así, escribe Simone de Beauvoir «la religión de la mujer estaba ligada al reino de la agricultura, reino de la duración irreductible, de la contingencia, del azar, de la espera, del misterio; el del *homo faber*, es el reino del tiempo que se puede vencer como el espacio, de la necesidad, del proyecto, de la acción, de la razón». Una interpretación así permitiría, según B. Easlea, el entender «la ciencia» como una institución típicamente «masculina». Se encarnan en ellas las virtudes viriles: racionalidad, objetividad, aptitud para la dominación de la naturaleza (y de las mujeres...). (Frontispicio de un tratado de anatomía, 1831. Foto J.L. Charmet.)

(1) Como se verá, hay notables excepciones (por ejemplo H. Marcuse). Pero, en las obras corrientes sobre la ciencia, este tema casi nunca es abordado de frente.

(2) B. Easlea, *Science and sexual oppression. Patriarchy's confrontation with woman and nature.* Weidenfeld and Nicolson 1981. Easlea es también autor de dos obras sobre la ciencia y su lugar en la sociedad: *Liberation and the aims of science* (1973) y *Witch hunting, magic and the new philosophy* (1980).

La ciencia no sólo se ha basado en una «filosofía masculina» sino que, a menudo, ha servido para establecer «objetivamente» la inferioridad de las mujeres.

A decir verdad, como indica el propio Brian Easlea, los hombres no han esperado al Renacimiento y al siglo XVII para elaborar juicios que confirmaran la superioridad (o pretendida superioridad) de su sexo. Ya en los clásicos griegos, el hecho es evidente. Así, en su tratado sobre *La generación de los animales,* Aristóteles explica que la hembra proporciona, sólo, la «materia» del embrión; es el ascendiente varón, únicamente, quién determina su «forma», la estructura. Lo mismo que un carpintero da forma a la madera al hacer una mesa, así el varón da forma a la sangre suministrada por la mujer. Era una manera de legitimar y difundir el siguiente mensaje cultural: sólo el hombre es, verdaderamente, creador. Por otra parte, Aristóteles es explícito: «*la hembra, en tanto tal, es pasiva; el varón, en tanto tal, es activo*». O incluso «*la hembra, por así decir, es un varón mutilado*». Y esto, que va directo a lo esencial: «*la relación del varón con la hembra es, sencillamente, la del superior con su inferior*». La ciencia moderna, según Brian Easlea, prosigue esta concepción incluso superándola, quizás agravándola.



En el siglo XVII, cuando «la ciencia» se impuso social e institucionalmente, sus promotores subrayaron muchas veces su carácter «masculino». Según Francis Bacon, la «filosofía experimental» anunciaba el «nacimiento masculino» de un tiempo nuevo. Para Henry Oldenburg se trataba de «promover una filosofía masculina». Robert Hooke, por su parte, explicaba que la materia era un «principio femenino» (sobre el cual, seguramente, el hombre ejercería su dominio). En el siglo XIX, Galton declarará que los hombres de ciencia sienten «poca simpatía por las formas de pensar femeninas». Según B. Easlea, los hombres se sienten sexualmente inferiores a las mujeres (cuyos apetitos carnales son insaciables...). La ciencia era para ellos (entre otras cosas) un medio de asegurar y confirmar su identidad. Esta ilustración, que representa el gran telescopio del observatorio de París (1875), nos recuerda que durante largo tiempo, las mujeres casi no tuvieron sitio en la empresa científica, eminentemente patriarcal. (Foto *L'illustration,* 1875).

Un órgano típicamente masculino: el cerebro

En efecto, desde el tiempo de Aristóteles el saber «científico» (o lo que equivalía a ello) no tenía un papel destacado en la vida práctica y en la producción de bienes. En otros términos, este saber era todavía insuficientemente «masculino», insuficientemente «poderoso». Pero a partir del siglo XV, con los inicios del capitalismo, la ascensión de los comerciantes, empresarios e ingenieros, fue harto normal que el modelo del hombre activo (del *varón* activo) se encarnara más claramente en la ciencia. Recordemos una vez más las afirmaciones de Francis Bacon («el saber y el poder van a la par») y de Descartes (los hombres deben llegar a ser «como dueños y poseedores, de la naturaleza»). El patriarcado científico iba a poder saciarse valorando sistemáticamente las virtudes masculinas y, en particular, la supremacía del intelecto varón. Para que la ciencia progrese, es preciso ser *racional, objetivo, riguroso, inventivo;* con lo que se organiza una notable celebración de la inteligencia del sexo fuerte. Como ha escrito Karl Stern, el tradicionalismo cartesiano aparecía como «una pura masculinización del pensamiento». El intelecto (masculino) se sitúa por encima de la prudencia y afectividad (femeninas); y se proclama omnipotente.

El siglo XVII ha insistido sin descanso en este tema: el hombre es, en primer lugar, un cerebro; la mujer, en cambio, sensibilidad y sexo. Interpretamos: la mujer es irracional. Un texto médico de 1659, entre muchos otros, es terminante: «*las mujeres, a causa de su sexo frío y húmedo, no pueden estar dotadas de un juicio tan profundo (como el de los hombres); de hecho, constatamos que son capaces de tener conocimientos sobre temas sencillos, pero raramente consiguen ir más allá de nociones superficiales cuando se trata de ciencia profunda*»... El francés Malebranche y el inglés Thomas Willis están de acuerdo: la mujer posee una «fibra especial» inferior y no tiene el vigor mental preciso para llegar al fondo de los grandes problemas. Si tenemos en cuenta numerosos testimonios «sabios», se podría continuar la enumeración: las mujeres son inestables, ligeras, emotivas, dominadas por las pasiones, ¡vamos! francamente histéricas. Los hombres, por el contrario, dominan sus emociones y piensan serenamente, con eficacia, en profundidad.

Es comprensible, pues, que la nueva ciencia, amparándose en la «filosofía experimental», haya sido un asunto de hombres. Como declaraba textualmente en 1664 Henry Oldenburg, secretario de la Royal Society, era necesario «*promover una filosofía masculina*». Dos años más tarde, Thomas Sprat ratificaba esta sexualización cultural: el nuevo saber era «*masculino y duradero*». Algu-

En el siglo XIX se aceptaba corrientemente que la sede de la inteligencia estaba situada en los lóbulos frontales del cerebro; y que, según numerosos estudios, estos preciados órganos eran mayores y mejor desarrollados en los hombres que en las mujeres. En 1854, un especialista juzgó preferible designar al hombre como *homo frontalis* y a la mujer como *homo parietalis*. Pero, a fines de siglo, nuevas investigaciones condujeron a resultados totalmente diferentes: ¡los lóbulos frontales de las mujeres eran más gruesos que los de los hombres! ¿Qué conclusión sacar de ello? ¿Sería preciso admitir que las mujeres eran más inteligentes? Felizmente, se descubrió que la preponderancia de la región frontal, contrariamente a lo que se creía, no implicaba una superioridad intelectual. Eran los lóbulos parietales, a fin de cuentas, los que tenían importancia... En una palabra, pasara lo que pasara con sus lóbulos, la mujer era muy inferior al hombre. (Tratamiento de una paciente en estado cataléptico, 1881. Foto Mary Evans.)

nas mujeres, admitámoslo, podían eventualmente manifestar interés por la ciencia. Fue el caso, por ejemplo, de Margaret Cavendish, duquesa de Newcastle, quien, no obstante, tenía el buen gusto de reconocer el predominio de los varones: «*no hay que esperar de lo que escribo igual discernimiento o tanto ingenio como en los hombres; ya que soy del sexo femenino y la naturaleza ha formado los cerebros de este sexo con elementos muy fríos y flojos*».

La filosofía mecanicista puesta en marcha por la nueva ciencia realizó, según Brian Easlea, una auténtica desfeminización de la «naturaleza». Antes, ésta era considerada como una realidad, a menudo inquietante pero viva, exuberante, dotada de espontaneidad, rica en fuerzas más o menos «ocultas». Con la nueva filosofía, todo se reducía a mecanismos, a la materia en movimiento. «La Señora Naturaleza» lejos de ser una fuerza creadora, no era más que una gigantesca máquina de la que la «filosofía masculina» iba a descubrir las leyes.

Por cierto, sí existía un creador, pero era del sexo masculino y se llamaba «Dios Padre»... El reino de las brujas había terminado. En adelante, fue la era de la racionalidad, de la positividad, de la eficacia. En pocas palabras, la era de la virilidad cognitiva.

(3) D. P. Barash, *Sociobiology and behavior*, Heinemann, 1978, p. 283. B. Easlea no cita este texto.

Dominar, descubrir y comprender la naturaleza

«La naturaleza», incluso desfeminizada, conservaba, no obstante, el estatuto inferior de la mujer... Ya que los hombres de ciencia tenían por misión el dominarla, poseerla, someterla a sus deseos. Una metáfora se repite constantemente, la penetración. El hombre de ciencia debe *penetrar en el seno de la naturaleza; y poner al desnudo sus profundidades, desvelar sus misterios...* Según Brian Easlea, estas imágenes no son inocentes, como tampoco los elogios acerca del «valor viril» que, en ocasiones, las acompañan. El doctor J. H. Bennet afirma en 1870 que «muchos miembros masculinos (de la raza caucásica) tienen el poder de hacer retroceder el horizonte de la ciencia, de penetrar más allá de los límites actuales del conocimiento»; y, en la siguiente frase, rechaza el poder mental de los «miembros femeninos de nuestra raza» y subraya su inferioridad frente a sus compañeros varones.

Ni que decir tiene que la argumentación de Brian Easlea es susceptible de discusión. Así, la interpretación que da de algunas metáforas sexuales a que se refieren los científicos podrá parecer inconcluyente a quienes esperan «pruebas» absolutamente convincentes. Más aún, se objetará que el sexismo de algunos hombres de ciencia no implica el sexismo de toda la institución científica. En todo caso, los indicios históricos son tan numerosos como reveladores; y parece innegable que la «ciencia moderna», a través de sus representantes más eminentes, se ha manifestado en más de una ocasión con una extrema severidad para con las mujeres. Darwin, en *La descendencia del hombre* (1871), afirma que la mujer posee una «fuerza intelectual» inferior y con menos facultades creadoras. George J. Romanes, en 1887, toma de nuevo el estribillo: «con sinceridad, sin dudarlo, el espíritu de la mujer está claramente muy por debajo del que corresponde al hombre». No parece que esta tradición haya desaparecido, aunque normalmente es más discreta. El sociobiólogo David Barash, por ejemplo, apunta la idea de que *¡la misma naturaleza es sexista!*.(3) En el bienentendido de que estas opiniones se amparan en la «objetividad» científica. Pero, se podrá replicar ¿esta desvalorización del segundo sexo no es debida, en gran medida, a una ideología «patriarcal»?. Ideología, maticémoslo, que no es exclusiva de los científicos sino de una especial forma de sociedad.

Para corroborar su tesis, Brian Easlea recuerda algunos hechos históricos. Durante los siglos XVI y XVII, por ejemplo, los hombres se esforzaron por rechazar

Según Brian Easlea, la ciencia es una institución patriarcal que, so pretexto de «racionalidad», reprime abusivamente los sentimientos y la sensualidad.

a las mujeres del campo de la práctica médica; trataron incluso de remplazar a las parteras. Tanto desde un punto de vista práctico como simbólico, este embargo de los hombres sobre el acto del nacimiento resulta significativo: parece confirmar el carácter sexista del movimiento «científico» que por aquel entonces tomaba impulso.

Salvar una virilidad amenazada

Pero ¿por qué los hombres han sentido la necesidad de proclamar esta «filosofía masculina»? Según Brian Easlea, hay que tener en cuenta la situación propiamente sexual de los varones humanos frente a sus compañeras. A este respecto, los textos abundan: autoridades religiosas, médicos, dramaturgos, escritores, todos (o casi todos) están de acuerdo en señalar que la mujer, abandonada a sí misma, es un ser sexualmente insaciable. Dicho de otra forma, los hombres temen no poder satisfacer los apetitos de estas criaturas, eminentemente carnales... Por aducir una sentencia de Wolfgang Lederer (*The fear of women,* 1968), «la virilidad del hombre, en el lecho, queda inexorablemente a merced de las mujeres».

Es lo que Brian Easlea llama *la fragilidad del pene*. Los hombres, por miedo a no poder actuar como en sus mejores días, tratan entonces de tranquilizarse (jactándose de la superioridad de su cerebro) y aplican estrategias defensivas. Una de ellas consistía en denunciar el carácter viril y degradante de lo que nosotros llamaríamos la ninfomanía. O bien recurrir al tema que ya hemos suscitado: ¡el hombre es activo y la mujer *debe,* normalmente, ser pasiva! En definitiva, debe contentarse con responder a los deseos manifestados por su dueño y señor. El doctor Acton, a mediados del siglo XIX, afirmaba que «*una mujer modesta desea en pocas ocasiones una gratificación sexual para sí misma*». En todo caso, en el terreno cultural, era oportuno reforzar el estatuto del hombre.

Antes, en la época feudal, aquél demostraba su virilidad guerreando con valor, ganando torneos, etc... En el nuevo mundo de los empresarios fue preciso inventar otras formas de superioridad. Gracias a la ciencia el hombre dominaba la naturaleza y daba pruebas al mismo tiempo de su «virilidad» intelectual, todo lo cual contribuía a mantener a la mujer en situación de inferioridad y sumisión.

Resulta innecesario decir que la empresa científica puede (y debe) ser estudiada bajo otros aspectos. Pero en su dimensión «patriarcal» había sido, casi siempre, desdeñada.(4) Al recordar su existencia, Brian Easlea ha abierto, en verdad, la vía a investigaciones del más alto interés, y que no atañen sólo a la historia de las ciencias o de las ideas sino a posturas sociales muy actuales y concretas.

En efecto, siempre según Brian Easlea, el sexismo científico va parejo con un rechazo general (más o menos visible) de los llamados valores «femeninos»: ternura, sensualidad, gusto por las relaciones propiamente humanas, etc... El culto a la ciencia tendría, pues, una significación cultural importante: llevaría a la sociedad a colocar todos sus problemas en términos «racionales» y, sobre todo, a concebirlos en términos de dominación, de relaciones de fuerza, de competición. So pretexto de rigor e intelectualidad, con la excusa de afirmar su fuerza, la humanidad «viril» mantiene en la sociedad una tensión y agresividad casi permanentes; y, al mismo tiempo, intenta reprimir, con engaños, la espontaneidad afectiva. Incluso los placeres del amor, arguye Brian Easlea, son torpemente manipulados por esta necesidad continua de conquistar, de ser más fuerte.

Lo que está en liza no es sólo el estatuto de la mujer, sino el de todos los seres humanos; ya que la represión ejercida contra las mujeres equivale, en definitiva, a una especie de mutilación general de la que los hombres son igualmente víctimas.

El feminismo de Brian Easlea se limita, pues, a pedir únicamente la «liberación» de las mujeres: si el culto de los llamados valores masculinos fuera menos exclusivo, toda la humanidad saldría beneficiada.

Incertidumbres sobre el sexo en el socialismo

Esta filosofía no será ciertamente aceptada por todo el mundo, pero tiene el interés de cimentar análisis muy sugestivos. Así, Brian Easlea establece un contraste entre el *socialismo utópico* de principios del siglo XIX y el *socialismo científico* de Marx y Engels.(5) Los «utopistas» (Fourier, los saint-simonianos) daban gran importancia a los sentimientos, al corazón, a la imaginación; eran feministas y, en sus proyectos de sociedad, insistían en los aspectos «femeninos» de la naturaleza humana. En su opinión, la emancipación de las mujeres constituía no tan sólo un objetivo deseable, sino *el medio* de alcanzar una sociedad mejor. Por el contrario, el marxismo ha querido ser «científico» y ha puesto el acento sobre algunos aspectos tradicionales del pensamiento «masculino», adaptándolos convenientemente: razón, objetividad, gusto por la eficacia, la fuerza, la dominación, etc... Marx y Engels recuperan muchas de las ideas feministas de Fourier, pero atem perándolas considerablemente: l emancipación de la mujer no es l *causa* de la emancipación general, sin sólo su «medida natural». Easlea ve e ello una regresión, es decir, una vuelt (al menos parcial) a los valores del va rón, a los esquemas prometeanos faustianos tan sólidamente enraizado en el patriarcado capitalista...

H.M. Hyndman, que fue el principa dirigente de la *Social-democratic fede ration* (organización marxista fundad en Inglaterra en 1881), un día hizo est enérgica declaración: «somos socialis tas científicos y no tenemos sitio para los sentimentales». Otro miembro de l misma organización, el filósofo E.B Bax, insistía en la necesidad de un so cialismo rigurosamente científico y correlativamente, evidenciaba un anti feminismo virulento; en un ensayo sobre *La question des femmes* exhorta ba a los hombres «a no honrarlas, más ciegamente». Trotsky, aunque desea que la mujer «emerja de su semiesclavi tud», ha desarrollado los temas so ciales desde el sentir de la «virilidad» y de la «cientificidad» más radicales: el hombre debe ser sometido metódica mente a «la selección artificial y a ejer cicios psicofísicos». De esta forma, lle gará «*a dominar sus propios sentimientos, elevar sus instintos a la altura del consciente, (...) alzarse a un nivel más alto y crear un tipo biológico y social superior; en fin, un superhombre, si queréis*».(6) Un ideal así resulta tentador. Pero, parece que Brian Easlea no tiene inconveniente en ver ahí una recuperación de los grandes temas «masculinos» (y cientificistas) del Occidente moderno.

J.D. Bernal, al tiempo científico y marxista, formuló hace unos cincuenta años una visión del mundo «masculino»: sin descanso hay que recurrir a la ciencia, ampliar el poder del hombre, intentar nuevos combates. Este activismo perpetuo, repleto de sueños de *dominación y conquistas,* está animado, sin duda, de generosas intenciones; y a su manera puede resultar eficaz. Pero ¿puede llevar la humanidad a la paz, a la exaltación, a la alegría de vivir? Brian Easlea lo duda. En su opinión, Herbert Marcuse tuvo razón al proceder a una crítica social del saber científico y, por ejemplo declarar, en *El hombre unidimensional:* «la ciencia, por razón de su método y conceptos, ha promovido un universo en el cual la dominación de la naturaleza ha quedado ligada a la dominación del hombre». De donde deduce que una «nueva ciencia» (es decir una ciencia «femenina») es indispensable si se quiere construir un mundo más humano. Hasta hoy, escribe Marcuse en *Contrarrevolución y revuelta,* es el «prin-

(4) Se puede pensar que el famoso ejemplo de Marie Curie no basta para refutar la tesis de B. Easlea...

(5) B. Easlea se refiere, evidentemente, al folleto de Engels: *Socialismo utópico* y *socialismo científico* (1880).

(6) Véase León Trotsky, *Litérature et révolution,* traducción francesa, colección 10/18, Julliard, 1974, pp. 289-291.

cipio varón» el predominante en todos los campos; pero «*es la mujer quien encarna, literalmente, la promesa de la paz, de la alegría, del fin de la violencia*».(7) Después de citar este texto, Brian Easlea da la palabra a Simone de Beauvoir: «*La contradicción entre el hombre y la mujer es tan primitiva y fundamental que no importa ninguna más. Después de todo, es media humanidad contra la otra media. A mi entender, es tan importante como la lucha de clases*».(8)

Las utopías «femeninas» ¿son más utópicas que las otras?

Una vez más nos encontramos ante juicios y concepciones que, como dicen los ingleses, son altamente «controversial». Precisamente porque nuestra sociedad es patriarcal, las ideas feministas provocan sonrisas y, frecuentemente, son descalificadas por demasiado románticas, sentimentales, utópicas. Pero ¿por qué sólo se toman en serio las utopías masculinas? Seguramente, como pasa siempre en tales debates, resulta fácil evidenciar las debilidades y lagunas (innegables) de las interpretaciones propuestas.

«La ciencia» es un fenómeno superdeterminado, que exige ser estudiado desde el punto de vista económico, político, epistemológico, etc. Siempre se podrá reprochar a Brian Easlea el no haber sugerido una síntesis equilibrada y, en particular, el haber magnificado la psicología y una determinada interpretación cultural. Pero sus intuiciones fundamentales merecen atención; y su trabajo histórico, apoyado en una documentación rica y precisa, no puede ser refutado, ciertamente, con burdos sarcasmos.

Tal como decía Bertrand Russell, nuestra cultura está dominada por el «*tabú de la ternura*»; como si la llamada a los sentimientos fuera signo de una debilidad incurable. En mayor o menor grado se postula que sólo la virilidad, la ciencia y la fuerza (ya que no la violencia) pueden traer el «progreso». Pero esta filosofía, consustancial a nuestras sociedades llamadas avanzadas ¿es tan objetiva y racional? La pregunta merece la pena. Mito por mito ¿por qué no creer, *también,* en los mitos «femeninos»? Por ejemplo, en éste de Fourier: «*los progresos sociales (...) se operan en razón del progreso de las mujeres hacia la libertad; y las decadencias del orden social se operan en razón de la disminución de la libertad de las mujeres.*»(9)

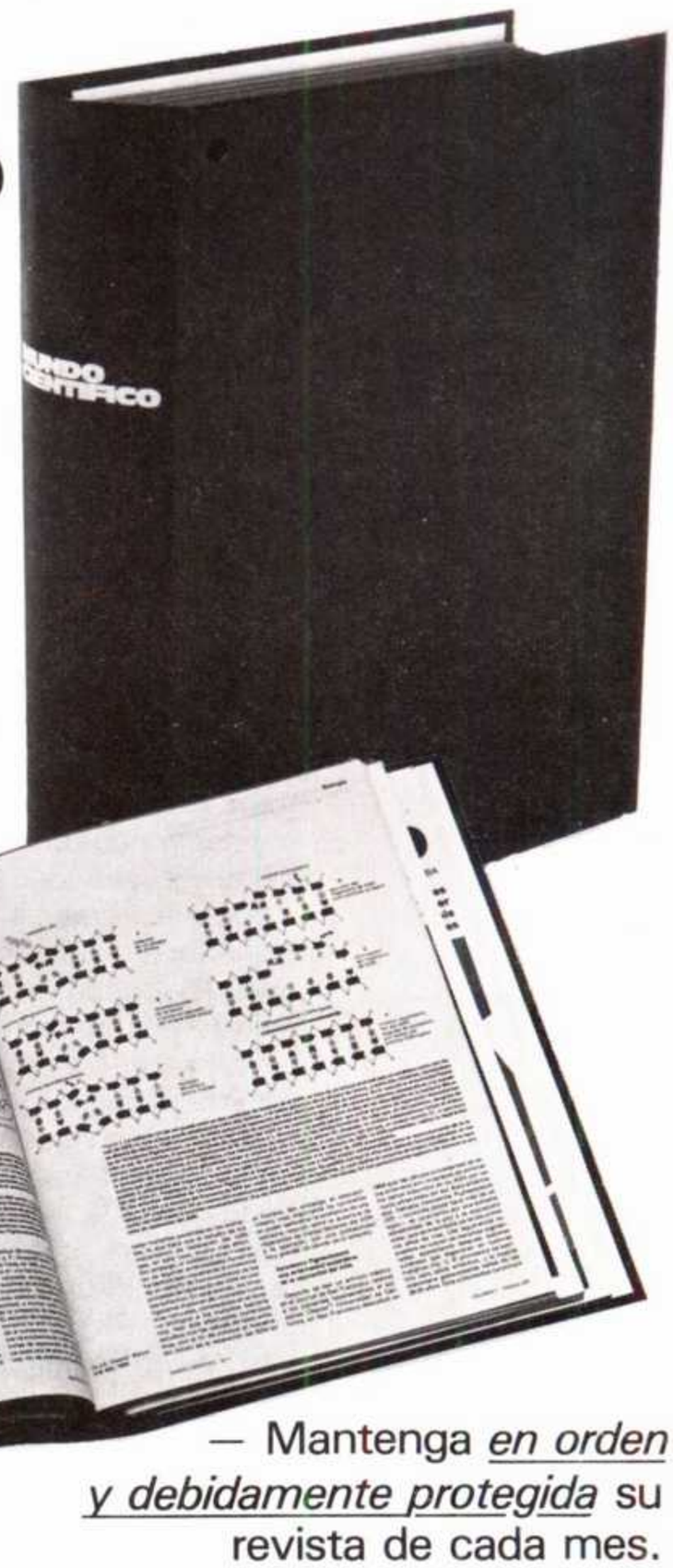
Pierre Thuillier.

(7) Brian Easlea señala que Marcuse no tuvo siempre las mismas opiniones a propósito de la ciencia; y que se separó de los grupos femeninos más radicales al declarar que el contraste entre «la agresividad masculina» y «la receptividad femenina» era *natural* (y no social).
(8) Estas frases han sido extraídas de un coloquio aparecido en *Spare rib* (marzo 1977). A señalar que se puede ser muy feminista y dar gran importancia a la lucha de clases. Bebel, como recuerda Simone de Beauvoir en *El segundo sexo*, afirmaba que «la mujer y el proletario están, ambos, oprimidos».
(9) C. Fourier, *Théorie des quatre mouvements et des destinées générales*, 1808, reeditado por Jean-Jacques Pauvert 1967, p. 147.

COLECCIONE

MUNDO CIENTIFICO

A LA VENTA LAS TAPAS



— Con sistema especial de varillas metálicas que le permite *encuadernar usted mismo.*

— Mantenga *en orden y debidamente protegida* su revista de cada mes.

— Cada ejemplar puede extraerse del volumen cuando le convenga, sin sufrir deterioro.

Copie o recorte este cupón y envíelo a
Editorial Fontalba, Valencia, 359, 6.º - Barcelona-9 (España)

Deseo que me envíen: ☐ las TAPAS _____ 650 ptas.*
☐ las TAPAS más la COLECCION COMPLETA (nos 1 al 9) _____ 2.900 ptas.*
* Precios válidos sólo en España.

Efectuaré el pago mediante: ☐ contrarrembolso más gastos de envío
☐ cheque adjunto

Nombre _____
Profesión _____ Tel. _____
Domicilio _____
Población _____ D.P. _____
Provincia _____ Firma

¿Qué sucederá con el teléfono, las máquinas de escribir, las fotocopiadoras y los archivos?

Las secretarias electrónicas

■ Con la introducción en 1977 de las máquinas individuales de tratamiento de textos se empieza a hablar de la informática de oficina: la «office automation» de los anglosajones. Hoy día y con el mismo nombre genérico, los especialistas agrupan todos los equipos electrónicos que ayudan a la producción, transmisión y almacenamiento de la información del mundo de la oficina. Limitándose a la información escrita (manuscrita, mecanografiada por medio de un teclado, dibujada o fotografiada), la informática de oficina engloba pues productos tales como máquinas de tratamiento de textos para la producción de documentos, base de datos para el almacenamiento de informaciones estructuradas, microfilmnes y microfichas para la memorización en imagen de la información, y mensajeria electrónica por ordenador para la transmisión de los mismos.

Sin embargo, está surgiendo una nueva tendencia, que integra la información escrita y la información vocal. La mensajería vocal y los bancos de datos vocales prolongan y amplían ya los servicios telefónicos tradicionales.

Con esta segunda faceta de la informática de oficina asistimos a una ampliación que presentará evidentes ventajas para los usuarios: integración de los servicios, unificación de las interfaces de utilización, economía... y además, un mejor ambiente de trabajo y de toma de decisiones. En cuanto a los fabricantes, los horizontes que se les abren son extremadamente prometedores. Nuevos productos que se benefician de la espectacular evolución de la microelectrónica, memorias ópticas y soportes ópticos de transmisión podrán ver la luz del día.

Demasiados papeles en las oficinas

Todos los estudios sobre el trabajo de oficina indican que su coste no ha cesado de crecer; sin embargo, no se ha investigado la solución del problema.

El coste del trabajo de oficina tiene dos componentes: los gastos de personal y los del material, que, a su vez, puede dividirse en tres categorías: los equipos de comunicación, el equipo de clasificación y los útiles profesionales. En comunicación, cabe al teléfono, un papel primordial; no hay oficina sin él: es el útil cotidiano de comunicación. Sin embargo, presenta varios inconvenientes. Más del 70 % de las llamadas no se logran: el destinatario puede estar ausente, o su línea ocupada o averiada. También se pierde tiempo en marcar el número, depender de un operador y esperar la disponibilidad de la persona llamada. En Estados Unidos se pierde así, como promedio, el 30 % del tiempo de la comunicación telefónica. En 16 llamadas por jornada se pierden 30 minutos en su preparación.

En general, no hay control eficaz sobre el uso del teléfono. Al llamar a una persona se la interrumpe en su trabajo, y el resultado es abrumador para el interrumpido si la frecuencia de las llamadas telefónicas es elevada.

De la comunicación oral no queda huella escrita alguna, no hay constancia. ¡Cúántos problemas aparecen cuando el contenido de una decisión importante sólo existe en la memoria de dos interlocutores! Finalmente, las dos personas que quieren comunicarse telefónicamente deben estar presentes de forma simultánea en cada extremo de la línea. Esta condición es muy restrictiva para quienes viven en países con una diferencia horaria superior a 6 horas. Además, el teléfono corriente no ofrece la posibilidad de una conferencia entre más de dos personas.

Para paliar estos últimos inconvenientes, el medio de comunicación más conocido y más antiguo es el télex, con el cual se envían mensajes urgentes en forma escrita. Pero se trata de un útil explotado a nivel de grupo, con un operador especializado y sin control de error de recepción; lento y desprovisto de flexibilidad de edición, sólo imprime mensajes en letras mayúsculas.

También se emplea el correo, que en la actualidad es aún el medio más corriente para transmitir documentos escritos. Sin embargo, los gastos que ocasiona son enormes. Escribir a máquina, duplicar con fotocopiadora, transmitir por el correo y tener al día listas de direcciones es tan costoso como fastidioso, y más cuando se sabe que, en ciertas empresas, una página de correo genera un promedio de cuatro ejemplares.

La fotocopiadora y la máquina de tratamiento de textos mejoran la calidad de la copia y la velocidad de escritura y de corrección, pero también aumentan de una forma espectacular el volumen del papel generado en la oficina y del correo enviado desde la misma.

El correo electrónico

Las primeras «modernizaciones» de equipo de oficina deberían suprimir e todo lo posible los inconvenientes inhe rentes al teléfono tradicional. La comu nicación vocal por teléfono es el sust tuto más sencillo de la conversación ca ra a cara, y los fabricantes están bus cando la manera de que su empleo se más fácil, más rápido y más flexible.

Una primera idea es que el aparato te lefónico componga automáticament los números de las personas llamadas por ejemplo, a una hora fija, lo cual e posible gracias a una memoria regid por un microprocesador. Los autocon mutadores de empresas electrónica (los PABX) que actualmente están en e mercado pueden dirigir las llamadas te lefónicas y memorizar los mensajes re cibidos (esta última función la ofrecen hoy día los contestadores telefónicos clásicos): en el futuro, este teléfono in teligente permitirá interrogar bancos de datos vocales distantes. En la actuali dad, las administraciones de las teleco municaciones europeas y norteamerica nas experimentan esta «lista de correos vocal» gobernada por ordenadores si tuados en la red telefónica.

En cuanto al télex, útil charnela entre el teléfono y los medios de comunicación de texos escritos, irá cediendo progresivamente su sitio al teletex, aparato constituido por una pantalla, teclado, impresora y unidades de discos, que permite a la secretaria componer localmente un documento (carta, informe, manual, etc.), sirviéndose de un editor ofrecido por el terminal, y recibir al mismo tiempo el que le envía un corresponsal distante. El teletex alía el tratamiento de textos con la comunicación de terminal: es la primera modalidad de correo electrónico.

En su forma general, el correo electrónico se basa en el direccionamiento por medio de un ordenador interpuesto entre el punto de expedición y el de recepción. El ordenador ofrece un «buzón electrónico» a todos los abonados al sistema: un expedidor se conecta a un ordenador a través de su terminal, empleando los medios de transmisión disponibles (la red telefónica, por ejemplo); entonces, el ordenador le permite componer su mensaje con las facilidades de edición dichas, y enviarlo a un destinatario cuyo nombre es reconocido por otro ordenador distante. Este ordenador establece un circuito con el ordenador «buzón» y efectúa la transferencia del mensaje «enviado por correo».

Así, creando redes de ordenadores interconectados a través de todos los países, cada uno de ellos dirigiendo un conjunto de buzones para los abonados

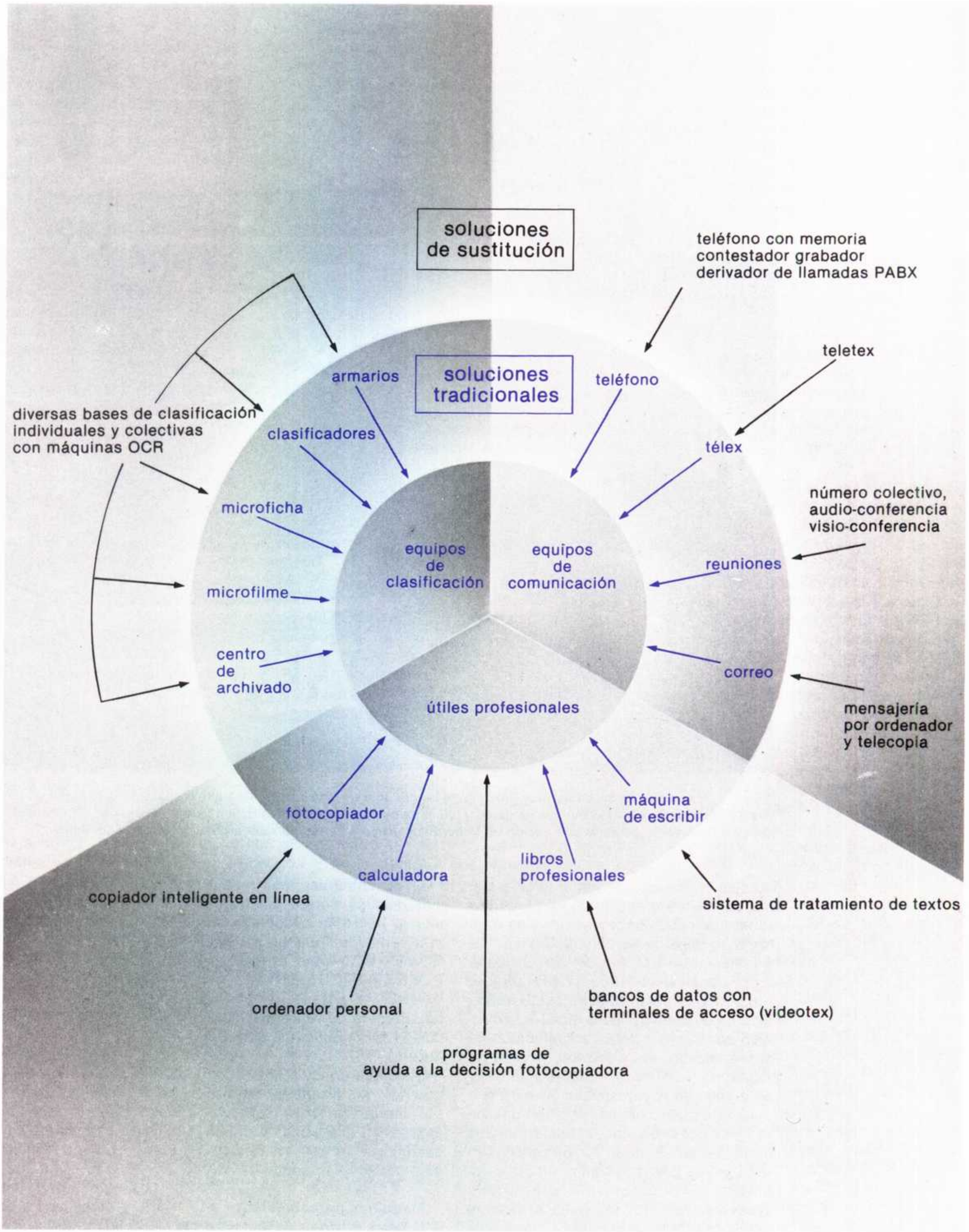


Figura 1. **La introducción de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones modernas en las oficinas trastorna la organización de las funciones del trabajo «terciario». Cada uno de los logros —archivado de documentos, tratamiento de textos, mensajerías telefónicas, etc.— aparece gracias a los progresos de la microelectrónica y de su soporte lógico. El problema de la informática de oficina reside en la integración de estos logros a medida que van produciéndose.**

Una innovación que entraña el riesgo de provocar problemas de empleo.

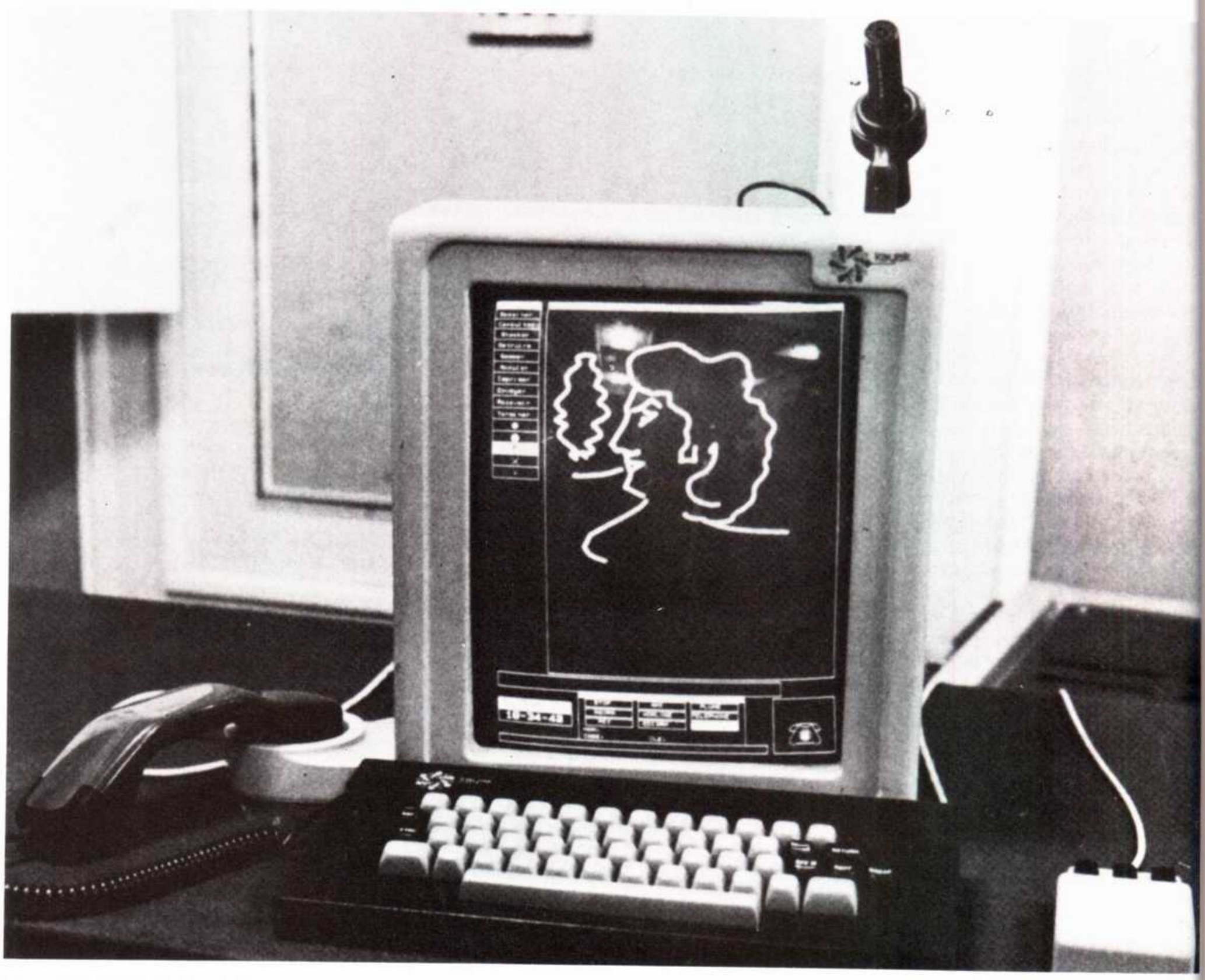


Figura 2. **Puede que en un futuro muy próximo se tendrá sólo un instrumento de trabajo aparente: a lo sumo un terminal que permitirá visualizar sus agendas, interrogar los bancos de datos y hacer cálculos y tratamientos de los textos necesarios. El terminal «burovisor» desarrollado en el marco del proyecto de experimentación de la burótica «Kayak» permite probar esta idea del terminal único.**

locales, es posible imaginarse un sistema de correo electrónico que cubriría todas las necesidades nacionales e internacionales de comunicación escrita. Además de esta función de envío, la mensajería electrónica puede ofrecer funciones de clasificación automática de mensajes enviados o recibidos, difusión conforme a listas establecidas de antemano por los usuarios, acuses de recibo automáticos, cifrado de un mensaje enviado, y redistribución del mensaje ya recibido de acuerdo con una ruta fijada por el usuario. Si los terminales de los usuarios están provistos de pantalla, no es preciso realizar ninguna copia en papel ni al envío ni a la recepción. Todo mensaje recibido y «escrito» en la memoria puede ser objeto de una nueva difusión o de una nueva lectura. De esta manera se evita el fenómeno de la copia múltiple. La memoria electrónica remplaza al papel.

En la actualidad, son numerosos los sistemas de correo electrónico disponibles. Los más conocidos son: TELEMAIL en la red Telenet, HERMES-BBN y COMET-CCA en Estados Unidos, PLANET-INFOMEDIA, ONTYME-TYMNET en Estados Unidos y en Europa, además de AGORA-INRIA en Francia, COM en Suecia, KOMEX en Alemania...

Sin embargo, cuando los documentos que hay que transmitir contienen gráficos, imágenes o manuscritos es preciso emplear la telecopia, medio de comunicación que ya está en servicio para comunicaciones interlocales.

Máquinas para mejorar la productividad de los cuadros

Las únicas categorías de personal, entre los empleados de oficina, que se han beneficiado de las grandes inversiones realizadas por los fabricantes de materiales electrónicos son las secretarias y los empleados encargados de la reproducción de documentos. La máquina de escribir está siendo progresivamente sustituida por la máquina de tratamiento de textos; la fotocopiadora se ha introducido masivamente.

Directivos y técnicos, en cambio, se contentan con medios tradicionales para ejercer su labor (procedimientos de retención en la memoria, consulta de libros de referencias...), aunque en sus despachos haya hecho aparición la calculadora electrónica desde hace algunos años. Esta modernización va seguida de la introducción de terminales de acceso a bases de datos y de los ordenadores personales, cuya incorporación es, no obstante, mucho más lenta. El despacho del ejecutivo no ha cambiado demasiado en relación con el de los años cincuenta. En cambio, es en

estas categorías de profesionales donde nace más del 75 % del total de la productividad de la empresa.

¿Cuáles serán las nuevas soluciones? Por de pronto, la implantación de bases de datos profesionales. Para acceder a ellas, el directivo dispondrá de un terminal adaptado a sus necesidades. Por tanto, su ergonomía desempeñará un papel importante en la aceptación de estos nuevos servicios, tanto más si el terminal puede estar provisto de las funciones de presentación de datos para su utilización en la toma de decisiones. En cambio, en la clasificación no se ha introducido ninguna novedad espectacular desde hace diez años. Los métodos son manuales y muy personales y así se comprueba que los servicios sufren frecuentes colapsos cuando se busca una información clasificada. Las duplicaciones son frecuentes.

En Francia y, en todos los países se clasifican por año decenas de millares de páginas papel, número que crece sin cesar. ¿Cuáles son las soluciones más económicas y más eficaces que puede ofrecer la Electrónica? Se confía mucho en el videodisco (disco óptico), que será el soporte ideal de las informaciones de archivos. La capacidad de un videodisco es del orden de 50 000 imágenes por cara, y estas imágenes pueden representar páginas impresas que, en cierta forma, serían «fotografiadas» (el precio es de unas 500 a 850 ptas. por disco).

Este sistema, que está formado por un lector de disco, un microprocesador que controla el acceso a la información buscada y un sistema de presentación en pantalla de televisión, pongamos por caso, permite archivar documentos voluminosos de gran difusión pero consultados con una frecuencia relativamente baja como, por ejemplo, boletines oficiales de la administración, catálogos de empresas, listas de piezas sueltas, etc. El coste de un puesto de trabajo sería, según los expertos, del orden de 850 000 ptas. Pero en la actualidad, los aparatos disponibles en el mercado sólo ofrecen la función «lectura»: se trata de los lectores de videodisco lanzados por RCA, Philips, Thomson-CSF, Sony, JVC-Matsushita y otros. Estos sistemas exigen que los discos —al igual que los discos microsurco actuales— se graben en una fábrica especial, operación que sólo es interesante para las informaciones de difusión relativamente grande.

Algunos fabricantes, como Thomson-CSF, se han lanzado al desarrollo de un sistema de discos de escritura y lectura con máquinas individuales. Es la solución del «disco óptico digital», en el que un láser puede escribir la información en el disco de soporte de plástico imprimiéndole microagujeros que representan las informaciones binarias, las cuales se leen después con otro láser, como ocurre en la mayor parte de los lectores de videodisco de gran público. El disco óptico digital no permite la restitución de imágenes, sino sólo la de textos. Estas máquinas tienen anunciada su aparición para los años 1983-1984.

Queda aún por investigar el método de gestión entre el hombre y la máquina de las informaciones almacenadas, donde el problema de enlace o interface también requiere grandes mejoras. El empleado de oficina sólo aceptará sistemas de enlace «naturales» en su interacción con el servicio electrónico de clasificación.

Efectivamente, los diálogos con las bases de datos, en el estado actual de la técnica del *software,* no proporcionan una plena satisfacción. Los procedimientos jerárquicos consisten en plantear una serie de demandas arborescentes que permiten obtener en cada etapa una lista de posibilidades, con las cuales se efectúa una selección y se interroga de nuevo.

Es por ejemplo la interrogación de los bancos de datos del anuario electrónico. La aplicación de estos tipos de procedimientos presentan inconvenientes cuando deben pasarse varias etapas de forma sistemática antes de llegar a la información pertinente, lo cual puede representar tiempos de respuesta muy largos y una molestia para el usuario. Estas aplicaciones deberían ceder el puesto a otras soluciones como las llamadas «navegacionales» o de «relleno de tablero», que están en fase de desarrollo en MIT, IBM, INRIA, etc. En el sistema navegacional, la búsqueda se hace hojeando las páginas en los clasificadores «electrónicos» representadas en la pantalla en forma de «ventanas empiladas». También puede solicitarse el acceso directo a una página determinada.

Finalmente, para introducir los datos, puede imaginarse que las máquinas de reconocimiento de caracteres serán de gran utilidad a las secretarias: al leer y reconocer cada letra de un texto impreso, estos aparatos pueden aliviar de su pesada tarea al empleado encargado de entrar los datos en la memoria de su base de datos. Sin embargo, es preciso progresar más en esta línea antes de que se pueda disponer de máquinas de reconocimiento de caracteres suficientemente flexibles (véase *Mundo Científico,* n.º 9, p. 940).

La oficina del futuro más allá del año 1985

Las primeras máquinas electrónicas que se introduzcan en las oficinas sensibilizarán a los empleados frente a esos nuevos medios y ayudarán a evaluar un cierto número de soluciones. El examen de las máquinas vendidas actualmente pone de manifiesto una característica común: todas son incompatibles entre sí. Frente a esta proliferación de máquinas, y sacando partido de estas primeras experiencias, el usuario buscará nuevas soluciones más integradas, más económicas y que ofrezcan un conjunto homogéneo de servicios. Desde el punto de vista del usuario, la «integración» de los equipos de su puesto de trabajo es un elemento muy importante: necesita que, a partir de una sola máquina —un mismo terminal— pueda producir una carta y solicitar su envío a un sistema de clasificación sin tener necesidad de hacer conversiones ni de cambiar varias veces de terminal. De la misma forma, un mensaje recibido podrá visualizarse en cualquier terminal y, una vez clasificado, difundirse de nuevo sin conversión.

La realización de esta integración quedará ampliamente facilitada por el progreso de la tecnología de las redes de comunicación y, en especial, por los microprocesadores. Hacia 1985 podrá lograrse un puesto de trabajo único que trate la imagen, la voz y el texto, por el precio de un terminal de tratamiento de textos actual. En 1990, este equipo integrado no debería costar más de 170 000 pesetas de hoy; también para entonces podrá haber puestos de trabajo menos potentes y más baratos, del orden de las 34 000 ptas. El conjunto de los puestos estará conectado entre sí, con las redes de comunicaciones públicas y con las redes privadas de las empresas. A estas redes también estarán conectados «centros servidores» (grandes ordenadores que contendrán bases de datos comunes o centros de archivo) para ofrecer al puesto de trabajo los recursos que le faltan en la actualidad. No dejará de producir debate el impacto de estos útiles sobre el empleo. Pero las futuras máquinas de informática de oficinas destinadas a los directivos les ayudarán en su trabajo; no los remplazarán. Sin embargo, las máquinas de tratamiento de textos actuales que se destinan a las secretarias podrían eliminar algunos empleos de mecanógrafas.

Se sabe que en este aspecto las evaluaciones divergen, y los mejores estudios preconizan experimentar primero y contar después (véase *Mundo Científico,* n.º 8, p. 921, noviembre 1981). Se estima que seguirán siendo indispensables un 25 % de las tareas de secretariado; para el tiempo restante será necesaria una reconversión que las perfeccione y enriquezca.

Najah Naffah.

Los *Homos sapiens sapiens* no descienden de los neandertales.

Un origen para el hombre moderno

■ La mayoría de los antropólogos admiten que los *Homo sapiens* más antiguos descienden de *Homo erectus* y que aparecieron hace unos 400 000 años antes de nuestra Era en África, en Asia y en Europa. Pero la presencia de dos subespecies complica el problema del origen del hombre moderno. Se trata de *Homo sapiens neanderthalensis,* más conocido bajo la denominación de «neandertal», y de *Homo sapiens sapiens.* Este último es considerado en la actualidad como el hombre más reciente de la estirpe humana, ya que su aparición data de unos 45 000 años. Para los neandertales el problema es más complicado. Algunos investigadores han pensado durante mucho tiempo que constituían el eslabón intermedio entre *H. erectus* y *H. sapiens* (fig. 1). Otros, por el contrario, ven en los neandertales un grupo particular, que se habría separado de este linaje y sería una rama abortiva (*La Recherche,* nº 47, p. 643, julio-agosto 1974). ¿Hay que pensar, en este caso, que los hombres modernos no descienden de los neandertales? Esto es lo que sugieren con fuerza análisis recientes de la cuestión.

Unos descubrimientos complejos

Para empezar volvamos al descubrimiento de esqueletos humanos realizado por Dorothy Garrod entre 1929 y 1934 en las grutas de Tabun y Skhul, en el Monte Carmelo, Palestina, que había relanzado en su momento el debate sobre el lugar de los neandertales en la estirpe humana, pues aquellos habían sido encontrados asociados a una industria del Paleolítico medio, el Levallois-Musteriense, datada en el inicio de la glaciación de Würm (alrededor de 70 000 años). Mientras que el esqueleto de Tabun se asemeja a los neandertales de Europa, aunque con algunas características modernas, los de Skhul son de tipo moderno, pero con algunos aspectos neandertalenses. Se trataba, por tanto, de individuos diferentes anatómicamente, pero culturalmente parecidos, que vivían en el mismo lugar y a la misma época aproximadamente. D ahí que los paleontólogos se preguntaran si se trataba de una o de dos poblaciones distintas y cómo estos descubrimientos podían explicar la idea, muy extendida en la época, de que los neandertales representaban la transición entre *H. erectus* y el hombre de tipo moderno *H. sapiens sapiens.* Confirmando esta idea, McCown y Keith estimaban[1] que la asociación de caracteres a la vez neandertalenses, modernos e «intermedios» en los esqueletos de Tabun y Skhul caracterizaba una transición entre los neandertales de Europa y los *Homo sapiens sapiens,* que habría aparecido en una región más oriental. C. Coon y Ashley-Montagu, y posteriormente A. Thoma,[2] propusieron que se considerase Tabun y Skhul como resultado de una hibridación entre los neandertales y los hombres modernos. Según F.C. Howell,[3] por el contrario habría dos poblaciones distintas, siendo los fósiles de Skhul posibles antepasados de los primeros hombres modernos.

Los descubrimientos de esqueletos hechos en Qafzeh (Palestina) a partir de 1934 por R. Neuville, en Shanidar (Irak) por R. Solecki entre 1953 y 1960, y en Amud (Israel) en los años 1960 por el equipo de H. Suzuki han complicado aun más el problema. En efecto, los es

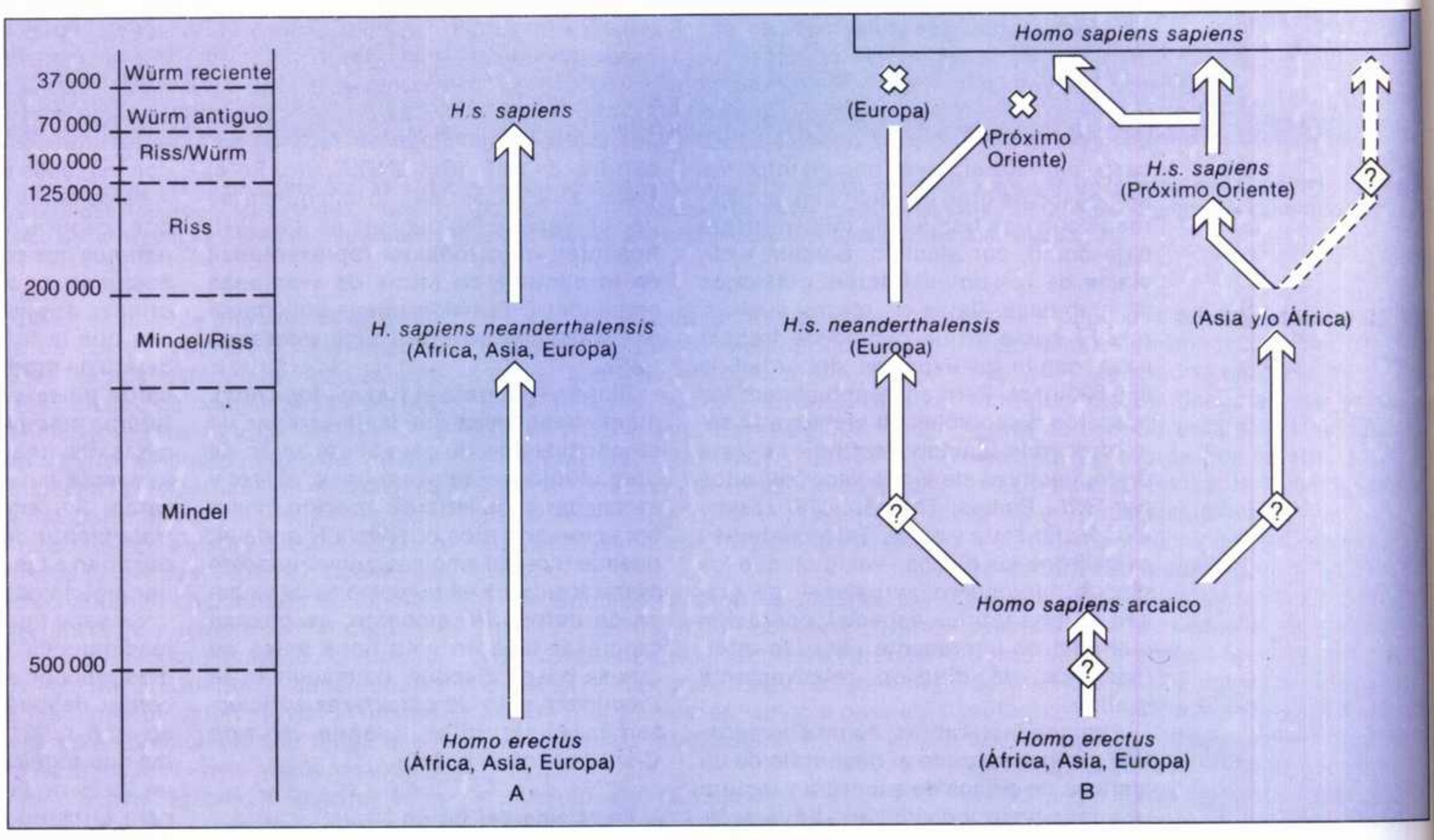


Figura 1. **Durante mucho tiempo se ha considerado que la evolución entre *Homo erectus* y el hombre moderno pasaba en línea directa por los neandertales** (A); **hoy, los paleontólogos están de acuerdo en pensar que sólo algunos habitantes de Europa y del Próximo Oriente lo eran** (B). **Además, parece muy probable que los neandertales fueran una estirpe especializada y abortiva, y que el origen de *Homo sapiens sapiens* haya que buscarlo fuera de Europa.**

(1) T. McCown y A. Keith, *The Stone age of Mount Carmel, Vol. 2: The fossil human remains from the Levalloiso-Mousterian,* Clarendon, Oxford, 1939.
(2) C.S. Coon, *The Races of Europe,* Macmillan, 1939; M.F. Ashley-Montagu, «Review of: McCown, T.D. y A. Keith, 1939; The Stone age of Mount Carmel, vol. 2», en *Am. Anthrop., 42,* 518, 1940; A. Thoma, «Essai sur les hommes fossiles de Palestine», *L'Anthropologie, 61,* 5-6, 470, 1957-1958.
(3) F.C. Howell, «Upper Pleistocene Men of the Southwest Asian Mousterian», en *Hundert Jahre Neanderthaler,* p. 185, Böhlau Verlag, 1958.

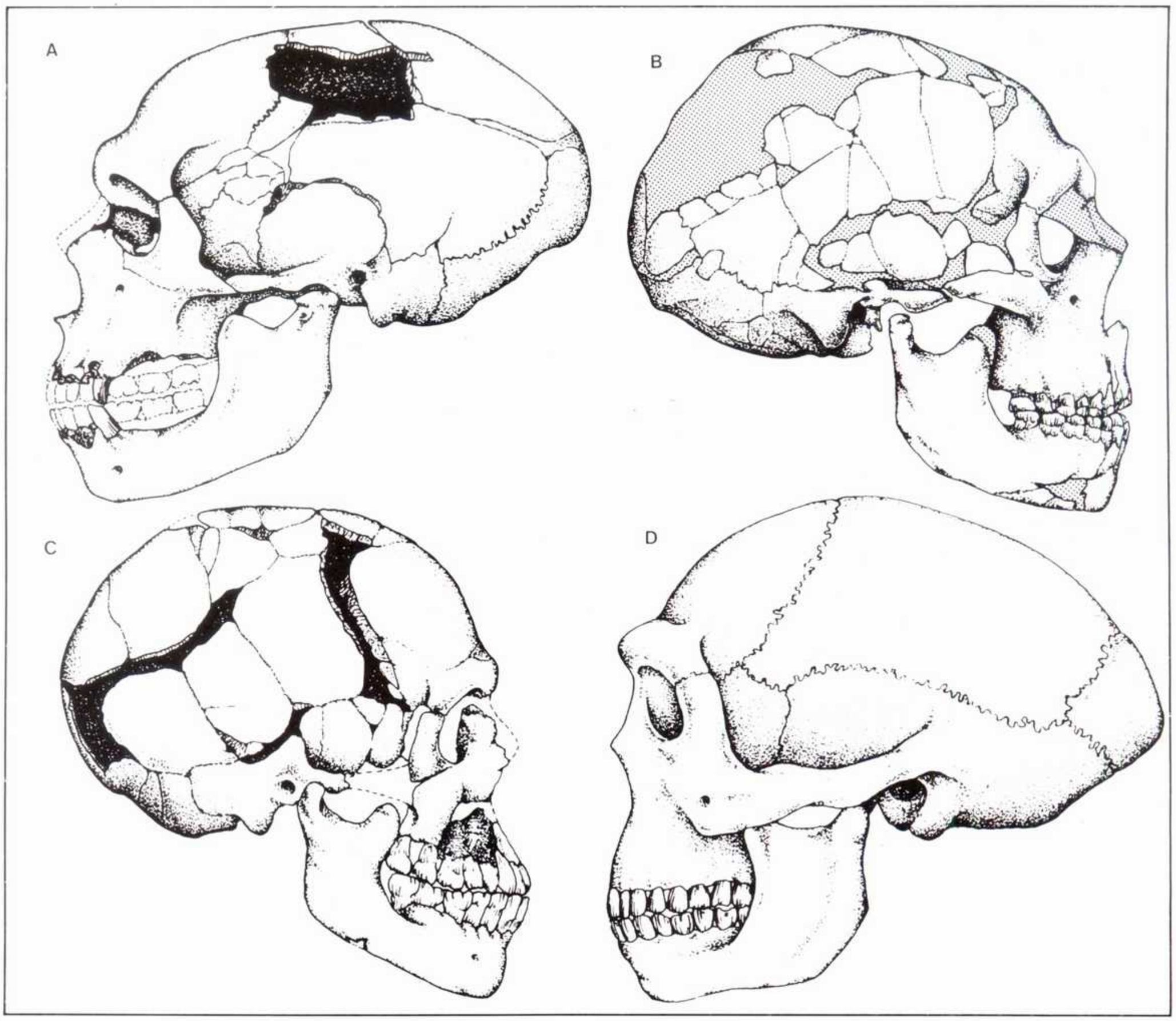


Figura 2. **Las relaciones entre los neandertales y los hombres de tipo moderno aparecen en toda su complejidad cuando se consideran los fósiles del Próximo Oriente. Aquí están representados los cráneos de los neandertales de la Chapelle-aux-Saints (Francia)** (A) **y de Shanidar (Irak)** (B), **que se comparan con los de tipo moderno de Qafzeh** (C) **y con el *Homo erectus* de China** (D). **El hombre de la Chapelle-aux-Saints representa aquí al neandertal «clásico» de Europa, con un cráneo muy bajo y muy alargado, la frente huidiza y la cara ancha y prognata, una visera supra-orbitaria muy desarrollada, el llamado «chignon» occipital y un espacio entre el último molar y la rama ascendente de la mandíbula. Las características del cráneo de Shanidar están menos desarrolladas o especializadas que las del neandertal clásico, pero no deben ser confundidas con los aspectos arcaicos que presenta el cráneo de Qafzeh; la robustez de la mandíbula y de la cara de Qafzeh, y su región supra-orbitaria moderadamente saliente proceden sin duda de su antepasado común, *Homo erectus*. El resto de su fisonomía es resueltamente moderna: cara vertical, frente y bóveda elevadas, órbitas rectangulares, etc. Debido a estos caracteres a veces arcaicos o robustos que hemos visto aquí en el hombre de Pekín se ha dudado del lugar que ocupan los hombres del Próximo Oriente en el linaje humano. Los últimos estudios anatómicos han permitido a los paleontólogos establecer la existencia de dos líneas distintas, una sería la de los *Homo sapiens sapiens* de Qafzeh, otra la de los neandertales del Próximo Oriente.**

queletos de Qafzeh se asemejan a los de Skhul, mientras que los de Shanidar y de Amud se parecen a los de Tabun. Pero allí todos los fósiles fueron encontrados en niveles todavía musterienses datados en el inicio de la última glaciación, hace unos 70 000 años. Los paleontólogos se encontraban, pues, en presencia de dos grupos: los fósiles de Tamud, Amud y Shanidar, próximos a los neandertales, y los esqueletos de aspecto más moderno de Qafzeh y Skhul.

Los hombres modernos no descienden de los neandertales

Sólo recientemente han podido proponer los paleontólogos un cuadro claro de estas diferentes poblaciones, tras detallados estudios anatómicos y antropológicos y luego de nuevos descubrimientos en Qafzeh. Bernard Vandermeersch, especialista francés en neandertales, en una obra importante sobre los hombres de Qafzeh[4] sostiene de modo convincente la tesis de las dos poblaciones: neandertales y hombres de tipo moderno habrían vivido prácticamente en la misma época, en la misma región. Actualmente ésta parece ser la mejor hipótesis para explicar la evolución humana reciente.

Ahora se admite[5] que los esqueletos del grupo Tabun/Shanidar/Amud del Próximo Oriente constituyen una variante geográfica y temporal del neandertal europeo «clásico». Para ser precisos, se considera que son anatómicamente próximos a los neandertales de Europa, aunque con una menor especialización (fig. 2). Se parecen mucho, efectivamente, a los pre-neandertales los hallados, por ejemplo, en Italia (cráneos de Saccopastore), que datan de alrededor de unos 100 000 años; de donde, la idea del parentesco cercano entre estos hombres del Próximo Oriente y los de Europa. Del mismo modo que los neandertales forman en Europa occidental y central un grupo muy homogéneo, los neandertales del Próximo Oriente parecen constituir una población independiente y sumamente característica.

En cuanto a los esqueletos de aspecto más moderno de Qafzeh y Skhul, la confusión acerca de su naturaleza procede del hecho de haber considerado algunas de sus características anatómicas como rasgos neandertalenses. En su comparación exhaustiva de todos los fósiles de tipo moderno y neandertalense del Próximo Oriente y de Europa, así como de *Homo erectus* y de los fósiles recientes del Paleolítico superior, B. Vandermeersch demuestra claramente que estas características son, en realidad, rasgos arcaicos heredados de *Homo erectus*. En efecto, también se han encontrado tanto en los *Homo erectus* de África y de Asia como en los pre-neandertales y los neandertales de Europa. Uno de los cráneos de Qafzeh, con todo y ser de aspecto muy moder-

(4) B. Vandermeersch, *Les hommes fossiles de Qafzeh* (Israel), CNRS, 1981.
(5) C.B. Stringer y E. Trinkhaus, «The Shanidar Neanderthal crania», en *Aspects of human evolution* (C.B. Stringer ed.), p. 129, Taylor y Francis, 1981.

Los antepasados del hombre no proceden de Europa.

Un libro que con sencillez y rigor científico informa detalladamente acerca de la evolución geológica y de la vida orgánica en nuestro planeta Tierra, desde los primeros indicios, como las algas azules, hasta la aparición del hombre.
Completan esta guía un extenso apartado dedicado a los métodos e instrumentos de recolección de los fósiles, a las más recientes técnicas de datación y una guía metodológica para su rigurosa clasificación.

Formato: 13,5 × 20 cm
Páginas: 128 en cartoné
Fotografías e ilustraciones a todo color

P.V.P.: 725 pts.

Pidalo a su librero o contrarreembolso a:

Editorial Fontalba, s.a.

VALENCIA, 359 · 6.º 1.ª
BARCELONA-9 (ESPAÑA)

no, resulta muy rudo, de líneas huidizas, con una fuerte visera supra-orbitaria. Según Vandermeersch, da buen ejemplo de la relación *Homo erectus*/hombres de Qafzeh.

Sin embargo, ciertos antropólogos siguen negando la existencia de dos poblaciones distintas en el Próximo Oriente, alegando que las dataciones son inexactas, que los dos grupos no son contemporáneos y admitiendo, en definitiva, que los hombres de tipo moderno descienden de los neandertales. Pero si se admite que el grupo de Amud-Shanidar-Tabun constituye una variación del linaje de los neandertales, las diferencias anatómicas entre neandertales y hombres de tipo moderno se hacen demasiado importantes para explicar que estos últimos desciendan de los neandertales. Los hombres de Qafzeh y de Skhul vivieron hace unos 45 000 años, es decir, antes de la desaparición de los últimos neandertales del Oeste de Europa, que data de alrededor de 35 000 años. E incluso si hay 5 000 ó 10 000 años entre los fósiles de los neandertales del Próximo Oriente y los de Qafzeh y Skhul (un período muy corto en términos de evolución), el análisis comparado de más de 250 neandertales y de una treintena de individuos del tipo Qafzeh/Skhul aporta la prueba de que no proceden unos de otros, sino que sus semejanzas han sido heredadas de un antepasado común, *Homo erectus*.

Los fósiles de Qafzeh (ligeramente más antiguos que los de Skhul, según las dataciones más recientes) representan, por consiguiente, a los hombres más antiguos de tipo moderno del Próximo Oriente. La presencia de algunos rasgos arcaicos en un esqueleto en gran parte moderno hace de ellos un nexo probable entre *Homo erectus* y las poblaciones modernas del Paleolítico superior. B. Vandermeersch llega a la conclusión, basándose en su antigüedad y su apariencia moderna, de que pueden ser considerados como proto-cromañones, siendo los cromañones los europeos más antiguos de tipo moderno, aparecidos en Francia hace unos 35 000 años.

¿Cuál es el origen de *Homo sapiens sapiens*?

Para encontrar su origen hay que buscar cerca de los *Homo erectus* más recientes, de hace alrededor de 500 000 años. Entre los fósiles europeos más recientes, los de Bilzingsleben en Alemania del Este, y de Vertesszöllos en Hungría pertenecen a *Homo erectus*. Parece que los fósiles de Steinheim y de l'Arago, un poco más recientes, podrían situarse en el inicio de la estirpe neandertalense cuya expansión se confirma, por ejemplo, con los esqueletos característicos de Biache y Saccopastore (*La Recherche*, n.º 91, p. 694, julio agosto 1978). Así, los pre-neandertales pueden proceder de una forma arcaica de *Homo sapiens*, cercana todavía a *Homo erectus*, y cuyo origen probablemente se encuentra fuera de Europa.

Al parecer, los esqueletos de Amud Shanidar y Tabun son los descendientes de los neandertales europeos emigrados al Este, lo más tarde en el interglaciar Riss/Würm. Desde que un estudio[6] ha revelado que estos últimos probablemente habrían desarrollado miembros robustos como adaptación al clima más frío del Würm, puede pensarse, aunque no sea más que una hipótesis, que los caracteres menos especializados de los neandertales del Próximo Oriente sean el resultado de una adaptación menos pronunciada al clima más cálido del Mediterráneo. También, aunque los neandertales europeos hayan desaparecido hace unos 35 000 años, algunos paleontólogos creen que los del Próximo Oriente pueden haberse perpetuado en los pueblos paleosiberianos (*La Recherche*, n.º 55, p. 328, abril 1975).

Si los antepasados de los hombres de Qafzeh y Skhul[7] no proceden de Europa, actualmente resulta difícil determinar su lugar de origen. La divergencia de la estirpe *Homo erectus* y el origen de los pre-neandertales, de una parte, y de los pre-sapiens de la otra, constituyen dos de las cuestiones más complejas con que se enfrentan los paleontólogos.

En el Próximo Oriente, la cuestión antropológica del remplazo de los neandertales por los hombres modernos se ha prestado siempre a confusión por las analogías culturales existentes entre las dos poblaciones. De hecho, la presencia conjunta y coetánea de neandertales y de hombres de tipo moderno sugiere poderosamente la existencia de intercambios culturales, y hasta de cruzamientos de población. Ciertos fósiles como la mandíbula moderna de Tabun II y el cráneo más bien neandertalense de Skhul IX apuntan incluso la posibilidad, probablemente limitada, de hibridaciones. Sin embargo, en opinión de W.W. Howells, célebre especialista en neandertales: «No se puede establecer una relación estrecha entre las industrias y los tipos humanos».

Los recientes progresos en nuestra comprensión de la anatomía y de las migraciones de los neandertales y de los hombres modernos representan un avance considerable con miras a dar respuesta a una de las cuestiones más interesantes de la evolución humana: ¿por qué han remplazado los hombres modernos a los neandertales en el Próximo Oriente y en Europa hará unos 35 o 40 000 años?

Richard Dreiman.

(6) E. Trinkhaus, «Neanderthal limb proportions and cold adaptation», en *Aspects of human evolution* (C.B. Stringer ed.), p. 187, Taylor y Francis, 1981.
(7) B. Vandermeersch, «Les premiers *Homo Sapiens* au Proche-Orient», en *Les processus de l'hominisation*, p. 97, CNRS, 1981.

Informaciones y noticias

Aula de Cultura Científica de Santander

El 14 de marzo de 1979 y coincidiendo con el Centenario del nacimiento del físico y Premio Nobel, Albert Einstein, se gestó en Santander, el Aula de Cultura Científica, siendo su fundador, D. Francisco González de Posada, Dr. Ingeniero de Caminos y Licenciado en Ciencias Físicas, así como Catedrático de Fundamentos Físicos de las Técnicas de la Escuela de Caminos de la Universidad de Santander. Actualmente cuenta con 7 colaboradores con diferentes misiones.

La finalidad fundamental es la de promocionar y difundir el pensamiento y la cultura científica en el ámbito territorial de la Universidad de Santander, así como fomentar el interés por ella, especialmente, entre los jóvenes científicos residentes en Santander. Los ciclos de conferencias comenzaron, en un principio, desarrollándose en la Fundación Marcelino Botín, sita en c/. Pedrueca, 1, la cual es el legado que dejó el padre de D. Emilio Botín, actual director del Banco de Santander, D. Marcelino Botín. Rápidamente se expandió, llegándose actualmente, a dar ciclos de conferencias en diferentes centros culturales de Santander Capital (Fundación Marcelino Botín, Ateneo, Universidad de Santander, etc...), así como en Reinosa y Torrelavega.

Actividades del curso 1980-1981

Dentro del curso 1980-1981, el Aula de Cultura Científica de Santander, preparó y ofreció 7 ciclos de conferencias; conmemoró el Día de la Física en Santander y Torrelavega y realizó dos homenajes a otros sendos ilustres científicos: D. Luis Brú Villaseca y D. José García Santesmases.

Dentro del primer ciclo, y en el Salón de Actos de la Fundación Marcelino Botín, se desarrollaron 11 conferencias bajo el tema de «Física española», entre las fechas 17 de noviembre y 3 de diciembre:

1. «Física Andalusi (Física y Técnica árabes españolas)», por D. Leonardo Villena Pardo.
2. «El cultivo de la Física en la España de los siglos XVI, XVII y XVIII», por D. Víctor Navarro Brotons.
3. «Física en España en el siglo XIX: Echegaray», por D. Santiago Garma Pons.
4. «Panorama de la Física Española en el primer tercio del siglo XX», por D. Antonio Lafuente García.
5. «Blas Cabrera», por D. Nicolás Cabrera Sánchez.
6. «Arturo Duperier, los comienzos de la Geofísica en la Universidad Española», por D. Agustín Udías Vallina.
7. «Miguel A. Catalan», por D. Fernando R. Rico Rodríguez.
8. «D. Julio Palacios y el lenguaje de la Física», por D. José Aguilar Peris.
9. «La Escuela Española de Análisis Dimensional», por D. Francisco González de Posada.
10. «Ciencia Española en el exilio», por D. Francisco Giral Glez.
11. «Física en España desde el final de la Contienda Civil hasta la actualidad», por D. Antonio Fernández-Rañada.

El segundo ciclo estuvo desdoblado en dos; por una parte, y en el Museo Municipal de Bellas Artes de Santander, se dictaron 4 conferencias los días 16 y 18 de diciembre, 13 y 15 de enero; por otra, y en la Casa de la Cultura de Torrelavega, hubo dos disertaciones más, todas ellas bájo el denominador común de «El descubrimiento del cuerpo humano». Las conferencias fueron las siguientes:

1. «La Medicina prehistórica. Posibilidades actuales de estudio», por D. Francisco Vázquez Quevedo.
2. «Diagnóstico por la Imagen», por D. Andrés González Tutor.
3. «Cerebro y Mente», por D. Pedro Gómez Bosque.
4. «El cuerpo humano en el Arte», por D. Miguel Angel G.ª Guinea.
5. «Origen y Evolución de la Especie Humana», por D. Pedro Gómez Bosque.
6. «El cuerpo humano en el Arte: Técnicas artísticas en el estudio de la Anatomía», por D. Fernando Zamanillo Peral.

El tercer ciclo, bajo el lema de «Temas candentes de la física» y abordado por 5 conferenciantes, tuvo lugar en la Fundación Marcelino Botín entre el 9 y el 20 de febrero. Los temas de las disertaciones fueron:

1. «Microondas: Aplicaciones Interespaciales», por D. José Luis García García.
2. «Los Comienzos del Universo», por D. Ramón Lapiedra Cirera.
3. El Laser y sus Aplicaciones», por D. Miguel Angel Rebolledo Sanz.
4. «Arquitectura y Estados de la Materia», por D. Eugenio Villar García.
5. «Los Sistemas Electrónicos de los años 80. Del Microprocesador al diseño específico de VLSI», por D. Salvador Brancho del Río.

El cuarto ciclo, también desarrollado en la Fundación Marcelino Botín, tuvo lugar durante los días 2, 3 y 4 de marzo, bajo el título de «Nobeles de ciencia, 1980»:

1. «Nobel de Química: Ingeniería Genética», por D. José Miguel Ortiz Melón.
2. «Nobel de Física: Asimetría Materia - Antimateria», por D. Emilio Santos Corchero.
3. «Nobel de Medicina: Importancia de la Histo-compatibilidad» por D. Antonio Rodríguez Torres.

El quinto ciclo estuvo patrocinado por el Excmo. Ayuntamiento de Reinosa, teniendo su desarrollo en el Salón de Actos de la Casa de la Cultura «Sánchez Díaz», bajo el lema «Los gigantes de la física. Su Tiempo, su Obra, su Herencia». Este ciclo que tuvo lugar del 9 al 13 de marzo, a los siguientes Genios de la Física:

1. «Arquímedes de Siracusa», por D. Francisco González de Posada.
2. «Galileo Galilei», por D. Francisco González de Posada.
3. «Isaac Newton», por D. Antonio Ferraz Fayos.
4. «James C. Maxwell», por D. Antonio Ferraz Fayos.
5. «Albert Einstein», por D. Emilio Santos Corchero.

El sexto ciclo, que tuvo lugar en el Salón de Actos de la Fundación Marcelino Botín, estuvo orientado hacia las «Opciones energéticas en España, hoy». Los temas de las 5 conferencias que componían este ciclo desarrollado del 30 de marzo al 3 de abril, fueron los siguientes:

1. «Opción Nuclear», por D. Federico del Pozo Obeso.
2. «La Energía Solar en España: Realidad y perspectivas», por D. Antonio Luque López.
3. «Centrales Térmicas Clásicas: sus posibilidades ante la crisis energética», por D. Jaime Barón Maldonado.
4. «Energía Hidráulica», por D. Alejandro del Campo Aguilera.
5. «Alternativas Ecologistas», por D. Miguel Gil Peral.

El séptimo y último ciclo de conferencias, desarrollado en la misma sede que el anterior, orientado a «Filosofía, ciencia y sociedad», tuvo lugar entre el 28 de abril y el 7 de mayo, y estuvo compuesto por las siguientes:

1. «Cooperación Científica Internacional e Implicaciones humanas del Progreso Científico», por D. Augusto Pérez Vitoria.
2. «Ética Social de la Ciencia», por D. José Luis López Aranguren.
3. «En la conmemoración del bicentenario de la Crítica de la Razón Pura: Actualidad del pensamiento científico de Kant», por D. Francisco González de Posada.
4. «La utilidad de la Filosofía para el investigador científico. Del determinismo de las Mecánicas Clásica y Relativista al indeterminismo de la Mecánica Cuántica», por D. Darío Maravall Casanovas.
5. «El nuevo Paradigma: Hacia un nuevo sistema de racionalidad científica y social», por D. Salvador Pániker Alemany.

Dentro de las conmemoraciones, cabe resaltar la del «Día de la Física», celebrado el 13 de marzo en la Cámara de Comercio e Industria, en Torrelavega, con la intervención de D. Antonio Ferraz Fayos en «Influencia de la Revolución Relativista en la Fisiología», y el 14 de marzo en la Fundación Marcelino Botín, con la conferencia dictada por la misma persona «Recuerdo de Albert Einstein».

Finalmente, y dentro de la sección de homenajes, digamos que el 23 de abril le correspondió el turno al Excmo. Sr. D. Luis Brú Villaseca, en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santander. Disertó D. Rafael Márquez Delgado sobre «D. Luis Brú, Catedrático de Universidad. Su eta-

pa en la Universidad de Sevilla», así como D. José Manuel Rojo Alaminos sobre «D. Luis Brú y la Introducción en España de la Física del Estado Sólido», para finalizar el acto el propio homenajeado, con un Discurso Académico titulado «Difracción y Microscopía Electrónica».

El 19 de mayo fue la fecha del homenaje al Excmo. Sr. D. José García Santesmases, en el Aula Magna de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander. Habló D. Roberto Moreno Díaz sobre «Aportaciones del Profesor García Santesmases a la Biocibernética: Nuevos Horizontes», así como D. José Luis Lloret Sebastián sobre «Ferrorresonancia y sus Aplicaciones», finalizando el homenajeado con el Discurso Académico «Computadoras y Sociedad».

Para información sobre las actividades del Aula de cultura científica dirigirse a: Ángel Martínez Fernández. Canalejas, 11 - G 2º M. Santander.

Han sido convocados los premios «Experiències» y «Divulga»

La Obra Cultural de la Caja de Pensiones, a través del Museu de la Ciència de Barcelona, ha hecho públicas las bases de los premios «Experiències», de proyectos de experimentos científicos, y «Divulga», de artículos de divulgación científica, correspondientes a la convocatoria del año 1982.

El premio «Experiències» tiene por objetivo promover y estimular la investigación de formas didácticas y participativas de la enseñanza de los principios científicos. Los proyectos que opten al premio no estarán sujetos a limitación de tema, pero tendrán que reunir las condiciones de participación y seguridad que presentan los módulos ya instalados en el citado Museu de la Ciència. Los premios consistirán en la construcción de los proyectos ganadores, su exhibición en el Museo, y en una dotación económica de 100 000 ptas. para el primer premio, más dos accésits de 50 000 para el apartado de participantes menores de 18 años. El período de presentación de proyectos finaliza el día 1 de mayo de 1982.

Por su parte, el premio «Divulga» ha sido convocado con el propósito de promover y estimular la edición de artículos divulgativos sobre temas científicos y técnicos. Los artículos, que deberán ser inéditos, pueden presentarse escritos en cualquier lengua, la extensión máxima del texto será de diez folios de formato UNE A4 mecanografiados a doble espacio e irán firmados con seudónimos. En un sobre cerrado figurarán los datos del concursante. Este premio se divide en dos secciones: la A, dotada con un primer premio de 100 000 pesetas y cuatro accésits de 25 000 pesetas para concursantes sin límite de edad; y la B, dotada con 50 000 pesetas para concursantes menores de 21 años. La fecha límite de presentación de artículos es, definitivamente, la del 15 de abril de 1982 y no la del 15 de marzo que figura en el impreso que contiene las bases.

Tanto los proyectos que opten al premio «Experiències» como los artículos que lo hagan al premio «Divulga» deberán enviarse por triplicado y por correo certificado al Museu de la Ciència, de la Obra Cultural de la Caja de Pensiones (c/. Teodor Roviralta, 55. Barcelona-22), centro en el que también se pueden solicitar las bases de la convocatoria.

Exposición de la investigación, la innovación y la invención

Para recabar más información dirigirse a: Inventiva 82. Fundación García Cabrerizo. Vitrubio, 23, Madrid-6.

Convocatoria de becas de investigación en los EE.UU.

La Sección Española del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Científica y Tecnológica convoca las Becas de investigación posdoctoral y ayudas para estancia de corta duración en los Estados Unidos de América.

La presente convocatoria se regirá por las siguientes normas:

Primera. Ámbito de aplicación y modalidad.

a) *Becas de investigación posdoctoral* par personal científico investigador, con el fin d realizar trabajos de investigación en los Est dos Unidos de América, con una duración d seis a doce meses. Se considerarán preferen temente los solicitantes que hayan terminad recientemente su doctorado.

b) *Ayudas para estancia de corta duració* en los Estados Unidos de América, cuyo fi principal es el intercambio de informació sobre temas específicos de investigación po parte de científicos altamente cualificados el aprendizaje de técnicas especiales. La du ración de este tipo de ayudas será de un máx mo de tres meses y un mínimo de un mes (3 días).

Las áreas que comprende esta convocato ria son las siguientes:

1. Agricultura.
2. Recursos Naturales.
3. Oceanografía.
4. Medio Ambiente.
5. Planificación Urbana y Acción Territo rial.
6. Tecnología Industrial.
7. Energía.
8. Ciencias Biomédicas.
9. Ciencias Básicas.

El período de disfrute de las Becas de In vestigación Posdoctoral podrán iniciarse entre el 1 de septiembre de 1982 y el 1 de ene ro de 1983, mientras las Ayudas para Estancia de Corta Duración podrán iniciarse desde el 1 de septiembre de 1982 y el 1 de abril de 1983. En casos excepcionales el Comité Conjunto podrá autorizar que la beca o la ayuda co mience en una fecha distinta a la señalada.

Segunda. Requisitos: Los solicitantes debe rán cumplir los siguientes requisitos:

a) Ostentar la nacionalidad española para poder disfrutar de estas becas en Estados Unidos.

b) Estar en posesión del grado de Doctor. Este requisito podrá ser dispensado, según la naturaleza de la especialidad y las características del curriculum del solicitante, cuando la materia objeto de su especialidad justifique tal excepción. Igualmente, este requisito podrá ser dispensado cuando se trate de solicitudes para el aprendizaje de técnicas especiales.

c) Conocimiento oral y escrito del idioma inglés.

d) Existencia de contactos previos para la aceptación del solicitante en las Universidades o Centros de Investigación en que pretende desarrollar su investigación.

e) No ser beneficiario de ninguna otra ayuda económica similar.

Tercera. Cuantía y naturaleza de la subvención: La dotación económica comprende:

a) Billete de ida y vuelta en avión (clase turista), desde el domicilio habitual al lugar de destino por la ruta más directa.

b) Asignación de 1 000 dólares USA (o su equivalencia en pesetas).

c) Seguro de enfermedad y accidente en el país de destino durante su permanencia en él como becario, en el caso de las Becas de Investigación Posdoctoral.

No se abonará el viaje de ida a aquellas personas que en el momento de la iniciación del pago de la beca o ayuda se encuentren ya en el país en el que se realizará el trabajo de investigación, ni el de regreso cuando lo tenga cubierto a través de otras fuentes de financiación.

Cuando se trate de solicitantes casados y ambos cónyuges sean seleccionados, el importe de la asignación mensual de uno de ellos quedará reducido al 50 por 100 si residen en la misma ciudad.

Cuarta. Presentación de solicitudes: Las solicitudes y su documentación complementaria deberán presentarse *por triplicado* en la Secretaría Ejecutiva del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Científica y Tecnológica (calle Cartagena, 83-85, 3.ª planta. Madrid-28, teléfono 255 08 00, ext. 307), en el plazo máximo de *dos* meses, a contar desde la fecha de publicación en el «Boletín Oficial del Estado» de la presente convocatoria.

Los impresos de solicitud serán facilitados a los interesados en la mencionada Secretaría Ejecutiva.

Quinta. Documentación a presentar:

a) Impreso de solicitud debidamente cumplimentado y firmado.

b) Curriculum vitae profesional del solicitante.

c) Memoria del trabajo a realizar con el visto bueno, en su caso, del Director del Centro, a través del cual se solicite la beca o ayuda.

d) Documento que acredite la existencia de los contactos señalados en el párrafo d) de la norma segunda.

e) Certificado acreditativo del conocimiento del idioma inglés, exigido en el párrafo c) de la norma segunda.

f) Certificado acreditativo del Título de Doctor o el expediente académico.

g) Dos informes de referencia de Profesores o Investigadores que hayan supervisado o dirigido la investigación realizada por el solicitante en el campo de su especialidad. Estos informes, cuyo carácter es estrictamente confidencial, serán enviados directamente a la Secretaría Ejecutiva por los informantes.

Sexta. Selección.

Las solicitudes serán evaluadas por un grupo de expertos españoles y estadounidenses designados por los Co-Presidentes del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Científica y Tecnológica.

En lo que se refiere a los expertos españoles, será consultada la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.

El grupo mixto de expertos, para adoptar su decisión en cuanto a la propuesta a formular, podrá celebrar entrevistas personales con aquellos con quien lo juzgue procedente, o solicitar información complementaria.

Una vez hecha la selección, el grupo mixto de expertos transmitirá la misma al Secretario del Comité Conjunto para que éste las someta a la decisión final de dicho Comité Conjunto.

Séptima. Obligaciones de los adjudicatorios:

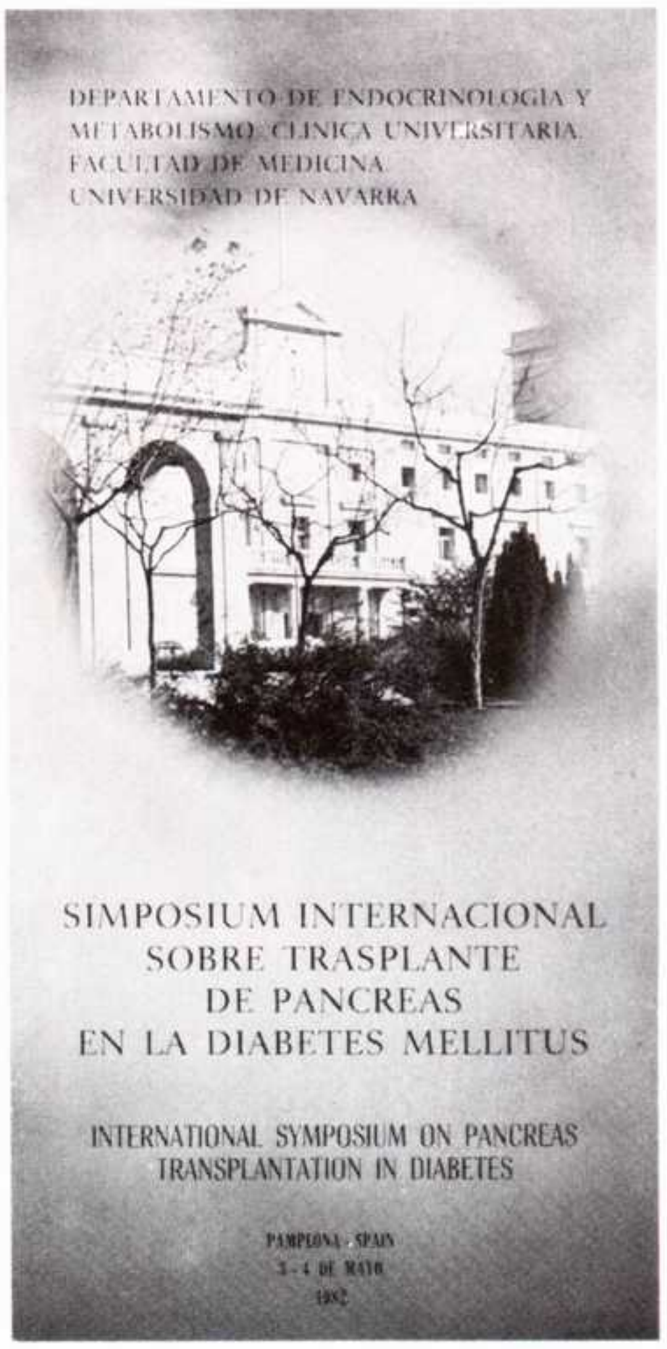
a) Dedicar su actividad al Proyecto de Investigación, de conformidad con las normas del Centro en que se lleve a cabo.

b) Remitir trimestralmente (o al término de la estancia, si la duración es inferior) a la Secretaría Ejecutiva una Memoria de la labor realizada, con expresión de los resultados y con el visto bueno del Departamento o del Científico que supervise el trabajo, que será evaluada por un grupo mixto de expertos.

Octava. Sistema de pago: La percepción de la beca o ayuda se efectuará por trimestres adelantados, previa aprobación de la Memoria trimestral mencionada en la norma anterior. Se exceptúa de esta regla el primer trimestre.

Novena. Renuncia. Si un beneficiario renuncia a la beca o ayuda deberá comunicarlo inmediatamente por escrito a la Secretaría Ejecutiva. El Comité Conjunto apreciará la justificación de la renuncia pudiendo determinar que el interesado reintegre las cantidades percibidas (incluido el costo de los billetes aéreos), caso de que no considere justificada la renuncia.

Simposium internacional sobre transplante de páncreas en la diabetes mellitus



Para más información dirigirse a: Diego Contreras. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona. España. Tel. (948) 25 59 00-Ext. 2179.

Centenario de la muerte de Darwin

Para conmemorar el centenario de la muerte de Darwin, la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona ha organizado un acto el día 19 de abril a las 12 h. en el Paraninfo con las siguientes conferencias:

Darwin y la teoría de la evolución a cargo del profesor Ramón Parés.

Sin selección natural ¿hay evolución? por el profesor Antoni Prevosti.

El ritmo de la evolución por el profesor Ramón Margalef.

Para más información dirigirse a la Dra. Mercè Durfort. Departamento de Histología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Gran Vía, 585. Barcelona-7.

Del 19 al 23 de abril, en la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid, y organizados por la Asociación de Estudios y Protección de la Naturaleza bajo el patrocinio de la Diputación Provincial de Madrid se desarrollarán una serie de actos, conferencias, proyecciones de cine, exposición de libros relacionados con Darwin y el darwinismo, etc. Está prevista la participación de Joaquín Fernández, Lola Ochonda, Emiliano Aguirre y Pierre Thuillier.

Para más información dirigirse a. Celedonio Morán. Campomanes, 13. Madrid-13. Tel. (91) 241 10 71.

Calcio para los embriones

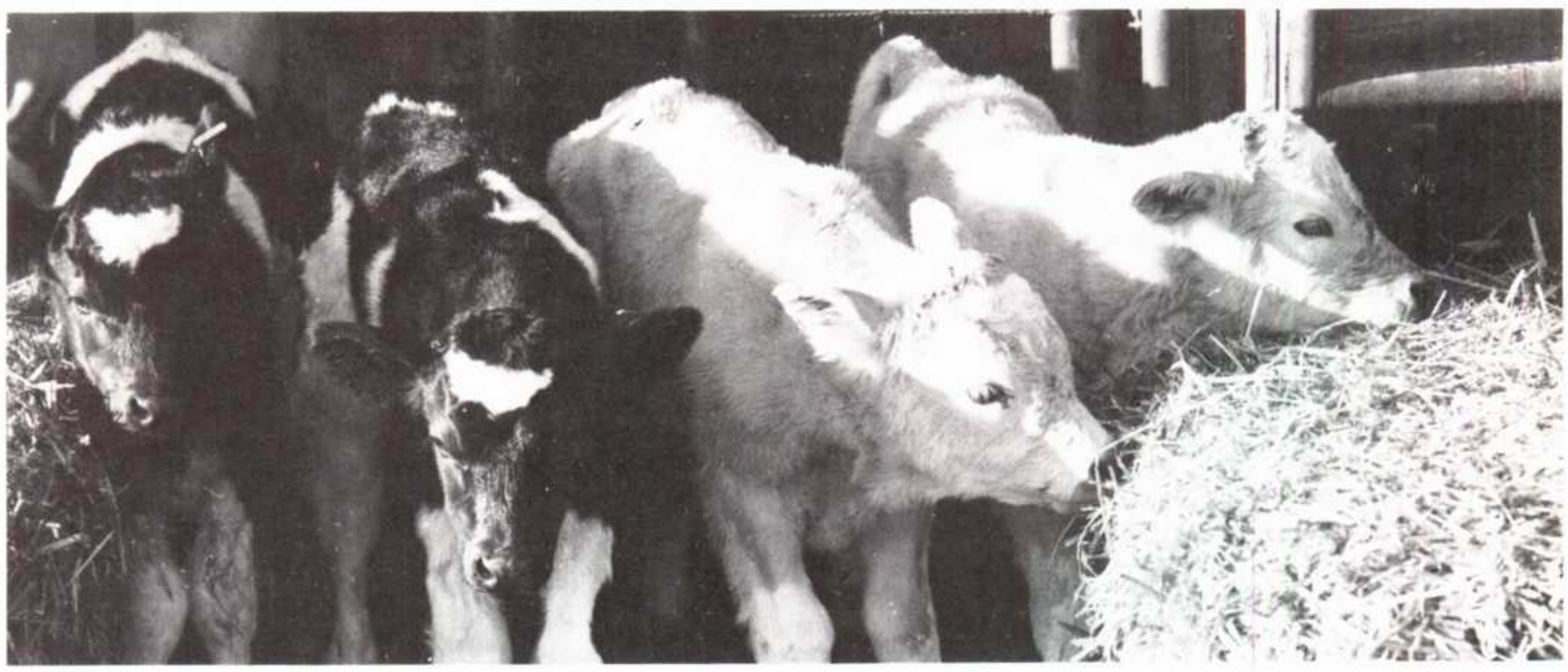
Dos o tres días después de la fecundación, el embrión de rata, que comprende entonces unas 30 células, sufre un cambio de morfología necesario para su ulterior diferenciación. Este proceso consiste en el apilamiento de las células que están en el centro del embrión, y sobre todo, en el establecimiento de uniones entre sus células. Este acontecimiento exige la presencia de calcio, y la extracción del calcio del medio determina a la postre la disociación de las células, propiedad, por lo demás, muy corriente en los fenómenos de contacto intercelular.

El grupo de François Jacob, del Instituto Pasteur, había demostrado el año pasado que la compactación de un embrión requería también la presencia de un factor de adherencia intercelular llamado ovomorulina. La eliminación de esta sustancia por anticuerpos específicos lleva a la «descompactación», fenómeno reversible ya que al retirar estos anticuerpos se produce el retorno a una diferenciación normal. El paralelismo entre el papel del calcio y el de la ovomorulina era evidente y F. Hyafil, de dicho laboratorio, se preguntó si no se trataría del mismo fenómeno. Globalmente, éste es el caso: el calcio se fija sobre la ovomorulina y fuerza en esta glucoproteina un cambio de estructura espacial, configuración en la que es activa en la compactación. La retirada del calcio conduce al cambio de conformación inverso, y la ovomorulina se vuelve entonces extremadamente sensible a los agentes proteolíticos. Así, la descompac-

tación y la disociación en ausencia de calcio podrian ser debidas a la destrucción acelerada de factores de contactos intercelulares. Si esta observación es generalizable, abre la via a una farmacologia específica de las interacciones celulares (F. Hyafil et al., *Cell, 26,* 447, 1981).

Hacia una nueva terapéutica del asma

El asma es una alergia particular, en la cual el enfermo reacciona frente a un agente desencadenador o alergeno (polen de los árboles o flores, polvo de la casa, etc.) con una constricción de los bronquios (de donde la molestia respiratoria). En el caso general, se piensa que el punto de partida de una reacción alérgica es la producción anormal de anticuerpos de cierto tipo (anticuerpos IgE) como respuesta a la introducción del alergeno en el organismo. Pero, en el caso del asma, queda ahora bien establecido que existe otro punto de partida: se trata de la absorción del alergeno por glóbulos blancos o macrófagos encargados de limpiar los alveolos pulmonares (cf. *La Recherche,* n.º 115, p. 1016, oct. 1980). Durante este trabajo de limpieza, los macrófagos liberan entre otras sustancias el «platelet-activating-factor» o PAF-acéter, que surte el efecto de provocar la agregación de las plaquetas sanguíneas (especie de pequeños glóbulos blancos desprovistos de núcleo) en los vasos que irrigan los bronquios. En el curso de esta agregación, las plaquetas liberan a su alrededor una sustancia que desencadena directamente la constricción de los bronquios. Como ahora queda claro que el PAF-acéter tiene un papel estratégico crucial en el desencadenamiento de la crisis del asma, es importante comprender las etapas de su formación en el seno de las células capaces de liberarlo (macrófagos, plaquetas, etc). En este sentido se sabía ya desde hace un año más o menos que la primera etapa de la formación del PAF-acéter comprende la formación de un precursor, el liso-PAF, por a ción de un enzima, la fosfolipasa A_2 (o un enz ma próximo) sobre los fosfolípidos de l membrana. Unos investigadores de la Unida 200 del INSERM, Clamart, acaban de d mostrar que la segunda etapa es la transfo mación del liso-PAF en PAF-acéter por acció de un enzima acetil-transferasa (E. Ninio, J.M Mencia-Huerta, F. Heymans y J. Benveniste *Biochem. Biophys. Ac. 710,* p. 23, 1982). L identificación de estos enzimas abre la vía nuevos enfoques de la terapéutica del asma por ejemplo, bloquear la formación de PAF acéter por inactivación de uno u otro de esto enzimas (B.B. Vargaftig, et al., *Eur. J. Pharma col.,* 1982 en prensa). Por otra parte, las inves tigaciones sobre esta molécula clave de la cr sis del asma se beneficiarán desde ahora d la posibilidad de obtenerla en gran cantidad pureza gracias a un nuevo método de síntesis artificial preparado por el equipo de J Godfroid, de París VII, junto con la Unidad 20 del INSERM (*Biochem. Biophys. Acta,* 666 230, 1981).



Bovinos: producción de gemelos «artificiales»

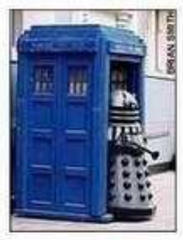
Por primera vez en Francia han nacido terneros salidos de un único y mismo embrión separado en dos partes iguales. Este resultado espectacular, presentado en el último congreso de esterilidad y fertilidad en Cambridge (Gran Bretaña, diciembre 1981) fue obtenido por Jean-Pierre Ozil en el INRA (estación central de fisiología animal, Jouy-en-Josas). Hasta el presente, solamente el equipo inglés de Willadsen había logrado producir gemelos auténticos, en la oveja y la vaca, utilizando sin embargo un procedimiento ligeramente diferente.

Desde hace ya algunos años, este laboratorio INRA se dedica a desarrollar la técnica de trasplante de embriones. Ésta consiste en obtener simultáneamente varios embriones de una vaca «dadora» para trasplantarlos a una vaca «receptora». Ello permite multiplicar la descendencia de las hembras de alto valor genético. Pero el desarrollo de este método se enfrenta con el problema de la producción de embriones, relativamente escasa y sobre todo variable entre una dadora y otra.

Para intentar resolver este problema el INRA ha propuesto un método práctico de producción de verdaderos gemelos. Los embriones recolectados el 6º, 7º día de su desarrollo son protegidos por una membrana, la zona pelúcida, y cuentan 60 a 80 células (estadio blastocisto). El método preparado por J.P. Ozil, más simple que el procedimiento inglés, permite practicar una abertura de tamaño reducido en la zona pelúcida y extraer el embrión. Seguidamente éste es separado en dos partes según un plano de simetría bilatera!. Cada semiembrión es entonces re-introducido en una zona pelúcida vacía y después directamente trasplantado al útero de una receptora. Combinando esta sorprendente facultad del embrión de sobrevivir después de la ablación de la mitad de sus células, con la técnica de congelación de embriones (véase «los bancos de embriones», p. 245) los investigadores prevén, en un futuro próximo, una mejora considerable del rendimiento de las técnicas de trasplante embrionario (foto INRA: dos parejas de terneros gemelos monocigóticos nacidos el 8 de diciembre de 1981 tras duplicación de los embriones).

ESPACIO DE PUBLICIDAD

EX LIBRIS Scan Digit



The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

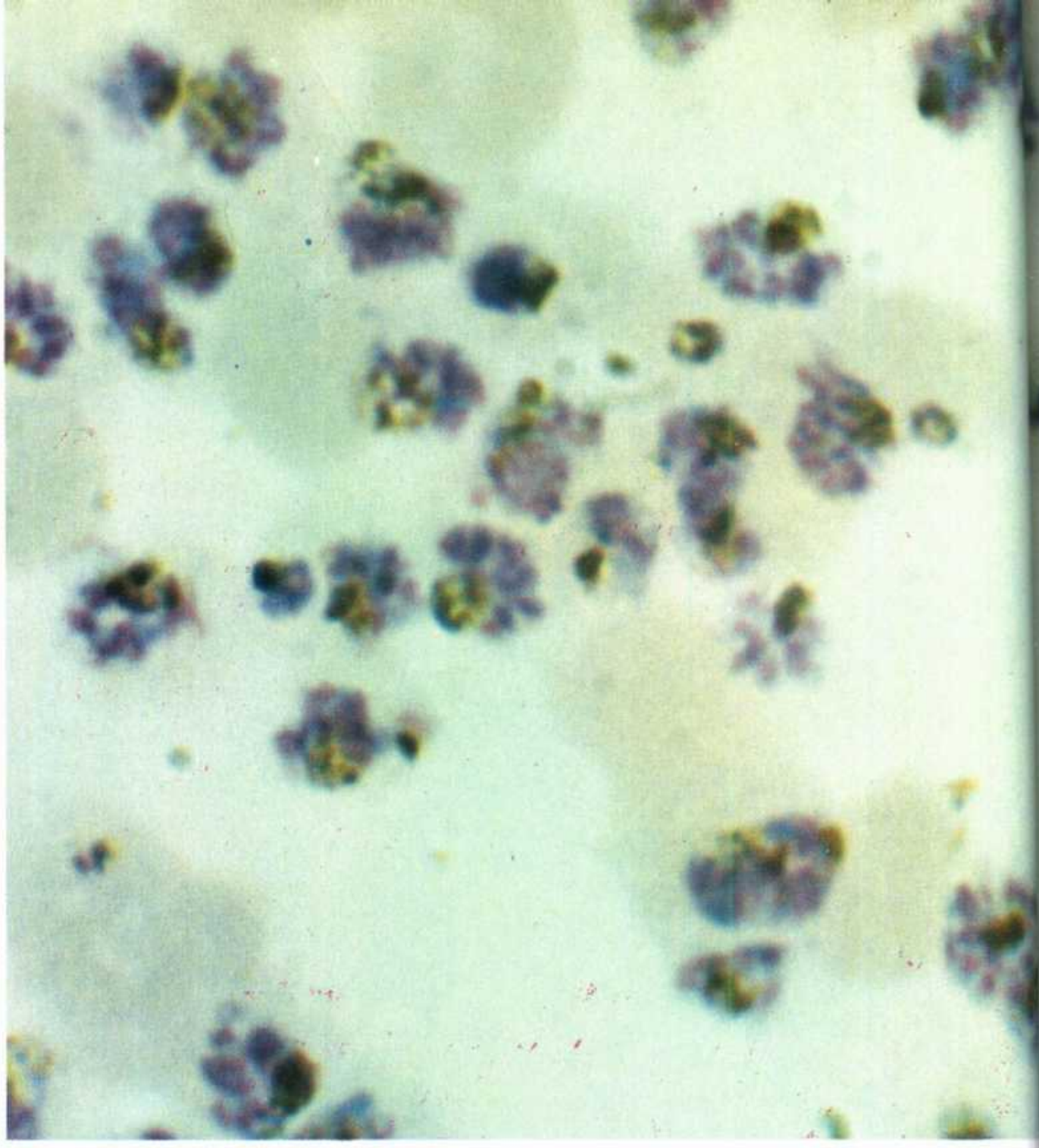
http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

https://labibliotecadeldrmoreau.blogspot.com/

La vacunación de las personas contra el paludismo deja gradualmente de ser una quimera.

La vacunación contra el paludismo

Hace tres siglos, la gente se moría de paludismo en los alrededores del castillo de Versalles. La enfermedad ha ido replegándose hacia el Sur, y en Europa prácticamente sólo se le conoce a través de los viajeros y emigrantes. Pero, sigue afectando a un número considerable de personas. Sin embargo, la lucha emprendida contra esta plaga ha alcanzado éxitos notables desde el final de la segunda guerra mundial. La estrategia ha sido simple: dado que la vida del parásito responsable transcurre en dos huéspedes, el hombre y el mosquito, procedía destruir a los mosquitos y matar al parásito en el hombre. Así, parecía que el drenaje de pantanos, la fumigación de DDT y la administración sistemática de antipalúdicos sintéticos iban a acabar con la enfermedad. No obstante —especialmente en el curso de los diez últimos años— la tendencia se ha invertido.[1,2] Justo en señalar que, ante el retroceso de la enfermedad, la lucha fue abandonada en cierta medida, cuando no del todo por causa de guerras o de la propia pobreza de los países afectados. Por otra parte, los mosquitos han desarrollado resistencia a los insecticidas, y los parásitos a la cloroquina. En resumen, el panorama no es muy alentador: no es un descalabro total, pero se imponen nuevas estrategias. Entre ellas la vacunación antipalúdica. ¿Cómo no se ha utilizado anteriormente? El hecho es que la vacunación antiparásito parecía hasta hace muy poco imposible, en particular porque los protozoarios responsables del paludismo eluden el sistema inmunitario del huésped. Actualmente, muchos años después del lanzamiento por la OMS de un programa de investigación, los resultados que se van obteniendo parecen justificar la esperanza de éxito al término de dicha vacunación. Dos reuniones internacionales recientes, en Washington en enero de 1981, y una «Gordon conference» sobre la biología molecular de los parásitos, en agosto del mismo año, permiten hacerse una idea clara del problema.



Glóbulos rojos humanos que sólo se distinguen por el contorno, están llenos de *Plasmodium falciparum*. La liberación de los parásitos al estallar los hematíes provocará el acceso de fiebre periódico característico. (Foto Ph. Dubois.)

Un parásito compartido por el hombre y el mosquito

Desde los estudios de Laveran en 1880, se sabe que el paludismo es provocado por un protozoario parásito del género *Plasmodium,* cuatro de cuyas especies son específicas del hombre. La más frecuente, *Plasmodium falciparum,* es la responsable de la forma más grave de la enfermedad: la fiebre terciaria maligna. Esta denominación «molieresca» refleja de hecho la periodicidad característica de los accesos de fiebre relacionada con el ciclo de proliferación del parásito. La infección del hombre tiene lugar por picadura de un mosquito del género *Anopheles* que al succionar la sangre inyecta la forma infectiva del parásito o esporozoito. Éste pasa a la sangre donde circula una media hora; luego penetra en las células del hígado y prolifera. Al final de esta fase de proliferación activa es una forma diferente del parásito, el merozoito, la que es liberada por millares. Dentro del cuerpo humano gana acceso a los glóbulos rojos de la sangre, donde prosigue el ciclo de multiplicación, que da fin cada cuarenta y ocho horas con la ruptura del glóbulo rojo, la liberación de los parásitos y la infección de otros glóbulos rojos. Esta hemólisis coincide con los accesos de fiebre, de donde su periodicidad. La muerte sobreviene por complicaciones cerebrales o renales. De vez en cuando, se producen formas sexuadas que pueden invadir a los mosquitos y nutrir entonces la fase «insecto» del ciclo.

La estrategia de los inmunólogos

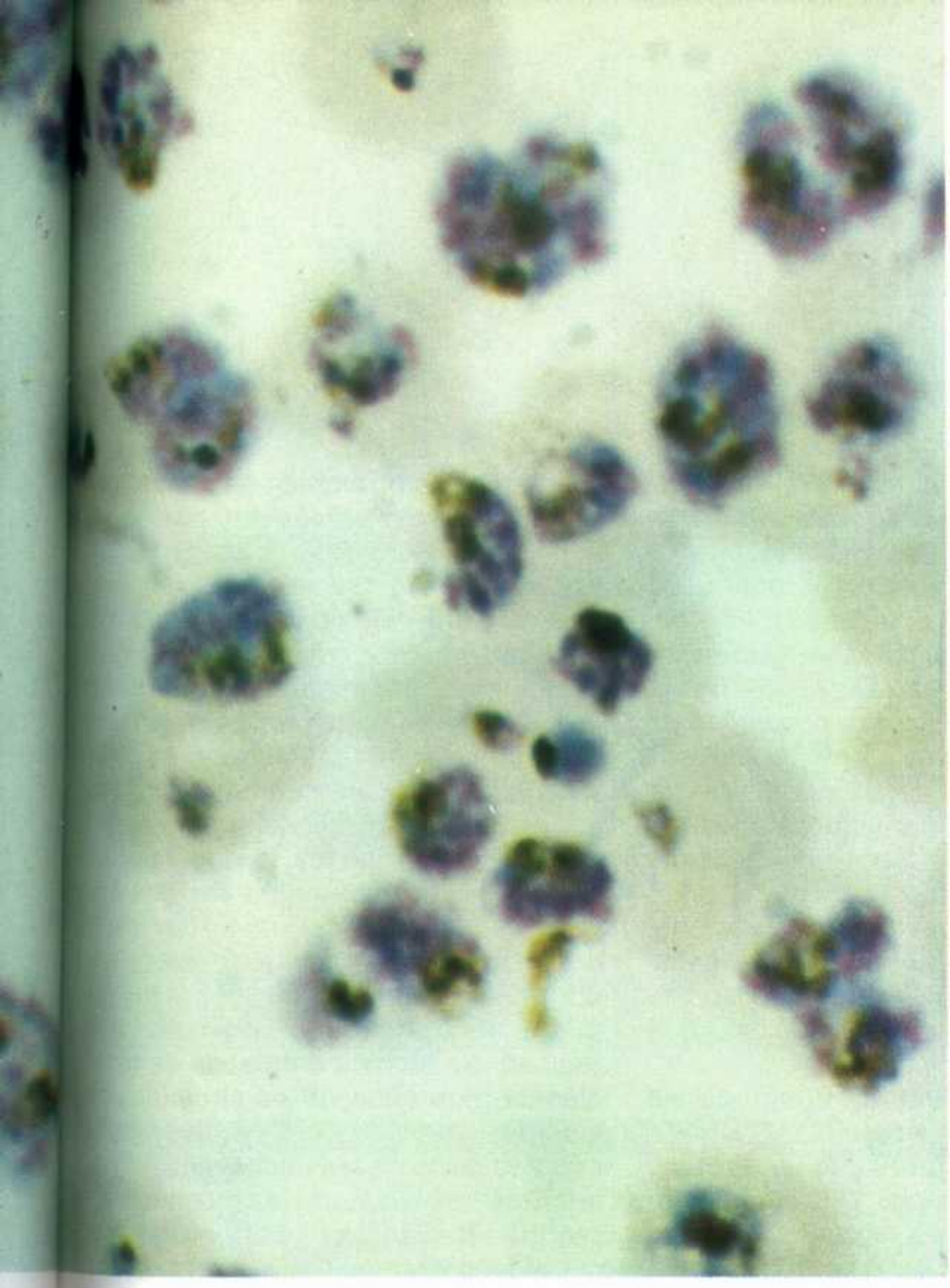
Antes de examinar los medios de vacunación contra el paludismo es necesario atender nuevamente al concepto: se trata de enseñar al organismo a reconocer y destruir una sustancia extraña, de modo que cuando ésta aparezca en el curso de una infección, por ejemplo, el sistema inmunitario preparado pueda inactivarla sin demora. Es evidente que un *Plasmodium* posee cierta cantidad de sustancias extrañas; la cuestión, para vacunar contra él, consiste, pues, en identificar aquellas que pueden ser reconocidas como tales y, en consecuencia, servir de antígenos vacunantes; también, en conocer las estrategias que les permiten eludir el sistema inmunitario.

Establecidos estos principios, la progresión requiere disponer de cantidades suficientes de parásito. En este sentido el paso decisivo fue dado por Trager, del Instituto Rockefeller de Nueva York, en 1976,[3] cuando logró el cultivo *in vitro* del agente del paludismo humano. Pero, para experimentar eran necesarios sistemas modelo evidentemente no humanos. Actualmente ya existen; en el transcurso de estos últimos años, el paludismo experimental del ratón y del mono ha sido perfectamente caracterizado.[4,5]

La vacunación con parásitos completos; un reto... prometedor

Una vez bien conocidos estos sistemas, el experimento inmediato era in-

(1) WHO; *Techn. Rep. Ser., 537,* 1974.
(2) G. Chapin, R. Wasserstrom. *Nature, 293,* 181, 1981.
(3) W. Trager, J.B. Jensen. *Science, 193,* 673, 1976.
(4) Young et al., *Experitl. Parasitol., 38,* 136, 1975.
(5) Gyzin et al., *J. Parasitol., 66,* 1003, 1980.



tentar provocar una protección en el animal, inyectándole parásitos completos muertos por irradiación o extractos de parásitos. Parece claro que el animal puede ser protegido así de forma eficaz, en particular si los parásitos inactivados son inyectados por vía intravenosa, tal como, entre otros, ha demostrado Nussensweig en Estados Unidos.[6] Pero la comunidad científica ha visto rápidamente que no se lograría una producción real de vacunas por este sistema, porque la producción de parásitos a gran escala es costosa, suponiendo que sea realizable, porque el parásito completo, así como sus extractos, contienen sustancias nocivas que provocan tanto una disminución de la respuesta inmunitaria antiparásita como fenómenos alérgicos. Hay que eliminar esas sustancias del extracto; pero, sobre todo, hay que identificar cuáles son las sustancias capaces de proteger eficazmente al huésped contra la infección o la proliferación del parásito.

Identificar y producir los antígenos vacunantes

Uno de los primeros descubrimientos en este terreno fue comprender que la superficie de los esporozoitos era diferente de la de los merozoitos y formas sexuadas.[7] Así, una vacuna antimerozoito deja al ratón inmunizado sensible a la infección. Simplemente, los merozoitos producidos después de la proliferación en el hígado serán destruidos un poco más tarde, cuando infecten los glóbulos rojos. El problema resulta complicado, pues, por esta multiplicidad «de ataques» posibles.

El primer paso importante en la identificación de los antígenos vacunantes fue dado en 1980 por el equipo de Nussensweig en Nueva York trabajando sobre el paludismo en el ratón. Este grupo ha definido un anticuerpo puro (todavía llamado monoclonal, *La Recherche,* n.º 125, p. 952, sept. 1981) que reconoce una proteína de la superficie del esporozoito. Estos anticuerpos monoclonales, inyectados a dosis mínimas, protegen al ratón contra los efectos de la picadura de mosquitos infectados por el agente del paludismo de los ratones. El mismo grupo ha aislado anticuerpos monoclonales capaces de inactivar al agente del paludismo del mono y está intentando el aislamiento de los antígenos equivalentes en los agentes del paludismo humano, según ha sido presentado en la Gordon Conference de agosto de 1981 y está en prensa. Lo importante en los resultados de Nussensweig y colaboradores es que, por primera vez en una enfermedad parasitaria, es posible examinar la inducción de una protección inmunitaria activa mediante la inyección de una sola proteína: si fuera posible producir grandes cantidades de esta proteína (sin duda por manipulación genética), estaría a nuestro alcance la primera posibilidad concreta de vacunación antipalúdica.

Estos trabajos no son exclusivos del equipo de Nussensweig. El grupo de Cohen, del Guy's Hospital de Londres, Freeman, también de Londres, Perrin en Génova y Gysin y Dubois en nuestro laboratorio del Instituto Pasteur realizan trabajos similares en diferentes sistemas: los resultados de Nussensweig no son los únicos, y esto es precisamente lo esencial y prometedor.

Quedaría por producir ahora estos antígenos vacunantes, y al efecto la confianza ha sido depositada en la manipulación genética, en la medida en que parece imposible producir directamente (como en el caso de los microbios infectivos, por ejemplo) cantidades suficientes de parásitos. Muchos laboratorios, entre ellos el nuestro, se lanzan pues a la clonación de los genes cuyos productos se ponen de manifiesto por los anticuerpos protectores. ¡Es demasiado pronto para hablar de resultados!...

Proteger a los recién nacidos

En muchos lugares, el paludismo es sobre todo una enfermedad de los niños, de cuya mortalidad es particularmente responsable. A veces, aquéllos están protegidos pasivamente en las primeras semanas después del nacimiento, para volverse al poco muy sensibles. La obtención de una vacuna protectora representaría un gran logro.

También el grupo de Nussensweig ha demostrado que las hembras de ratón inmunizadas por vía intravenosa contra los esporozoitos transmiten una forma de resistencia que protege al neonato contra la infección. Pero, si hasta el momento sólo se había intentado vacunar a los ejemplares adultos, Nussensweig ha tratado de hacerlo con las crías. En este caso particular, la inyección intramuscular de esporozoitos irradiados protege contra la infección,[9] lo cual abre la puerta a una vacunación preventiva eficaz en los niños muy pequeños, una vez que el antígeno vacunante se produzca en cantidades suficientes. Así, pues, por lo menos en un sistema modelo, el del paludismo del ratón, se han reunido las condiciones necesarias para obtener vacunas antipalúdicas capaces de proteger a adultos y neonatos. Cabe esperar, por tanto, que el logro se extienda al hombre en un futuro próximo, si la producción de antígenos vacunantes es suficiente.

Un problema: la entrada en escena de los grandes grupos farmacéuticos

Hasta el presente, todos los progresos en los conocimientos sobre la inmunología y la biología molecular de los *Plasmodium* ha sido fruto del trabajo de los «fundamentalistas», en universidades e institutos de investigación. Conforme a la ética científica, los conocimientos adquiridos entre unos y otros se han intercambiado libremente.

Pero, es común que estos investigadores carezcan de medios para desarrollar las técnicas de carácter genético. Las compañías que poseen el instrumental adecuado y que se interesan —se comprende— por el problema de las vacunas, se ofrecen para financiar las investigaciones, para desarrollar por sí mismas las operaciones de clonación; como contrapartida exigen un cierto secreto en la información y la participación comercial en la explotación del producto final.

Todo esto crea un cierto malestar entre los científicos, y en el curso de las últimas reuniones internacionales se ha hecho notar las reticencias de algunos al comunicar «todos» sus descubrimientos. Es difícil dar solución a este problema. Efectivamente, los recursos que ahora han de ser invertidos son importantes, no sólo para la biología molecular sino también para el desarrollo de los modelos en los primates, cuya utilización se hace obligatoria en la etapa actual. Sería asimismo decepcionante el que una operación desencadenada con tanto entusiasmo y generosidad por la OMS en favor de los países pobres, que son finalmente las víctimas del paludismo, para lograr sus fines, deba contar con el contrato comercial como elemento determinante.

Luis Pereira da Silva.

(6) *Malaria,* vol. III, p. 163, Academic Press, Nueva York, 1980.
(7) Cohen, Mitchell, *Current Topics microbiol. immunol., 80,* 97, 1978.
(8) Yoshida et al., *Science, 207,* 71, 1980.
(9) A.N. Orjih et al., *Narure, 291,* 331, 1981.

Cuanto más complejos se hacen los circuitos, más delicada es su comprobación.

Como trabaja un circuito integrado

■ Desde la realización del primer circuito integrado a principios de los años sesenta se está asistiendo a un rápido y regular incremento de su complejidad. Así, de algunos miles de transistores por circuito integrado en 1975, se ha pasado a 100 000 en 1980. Esta evolución de la microelectrónica hacia la integración a muy gran escala (VLSI) conducirá a la fabricación de circuitos de 10^6 transistores a partir de 1985 (*La Recherche,* n.° 116, p. 1246, nov. 1980), lo cual no hará sino dar respuesta a la necesidad de circuitos cada vez más complejos expresada por los sectores de la informática, de las telecomunicaciones, de la burótica y de los bienes de consumo de gran público.

¿Dónde se detendrá esta carrera hacia la integración? El análisis del pasado muestra que, en diez años, se han sucedido varias generaciones de circuitos integrados.

En 1970, un circuito integrado se obtenía dibujando sobre una plaquita de silicio motivos de 10 micras. En 1980 son de 3 μm, y antes de 1990 alcanzarán un tamaño inferior a la micra. El motor de esta tendencia es ante todo económico, aunque también se obtienen otras ventajas: se multiplica por 4 la velocidad de los circuitos y se divide por 16 la potencia consumida por transistor, al tiempo que aumenta considerablemente la fiabilidad.

Esta evolución no se producirá sin plantear el problema esencial de la ensayabilidad de dichos circuitos. En efecto ¿cómo es posible localizar un error de diseño o detectar el mal funcionamiento de un transistor entre 10^5 cuando, para la verificación, sólo se dispone de algunas decenas de accesos eléctricos?

Varios equipos, entre los que se encuentra el nuestro del CNET de Grenoble, proponen una solución: la estroboscopía a nivel de subnanosegundo; un método que permite visualizar un circuito en funcionamiento.(1)

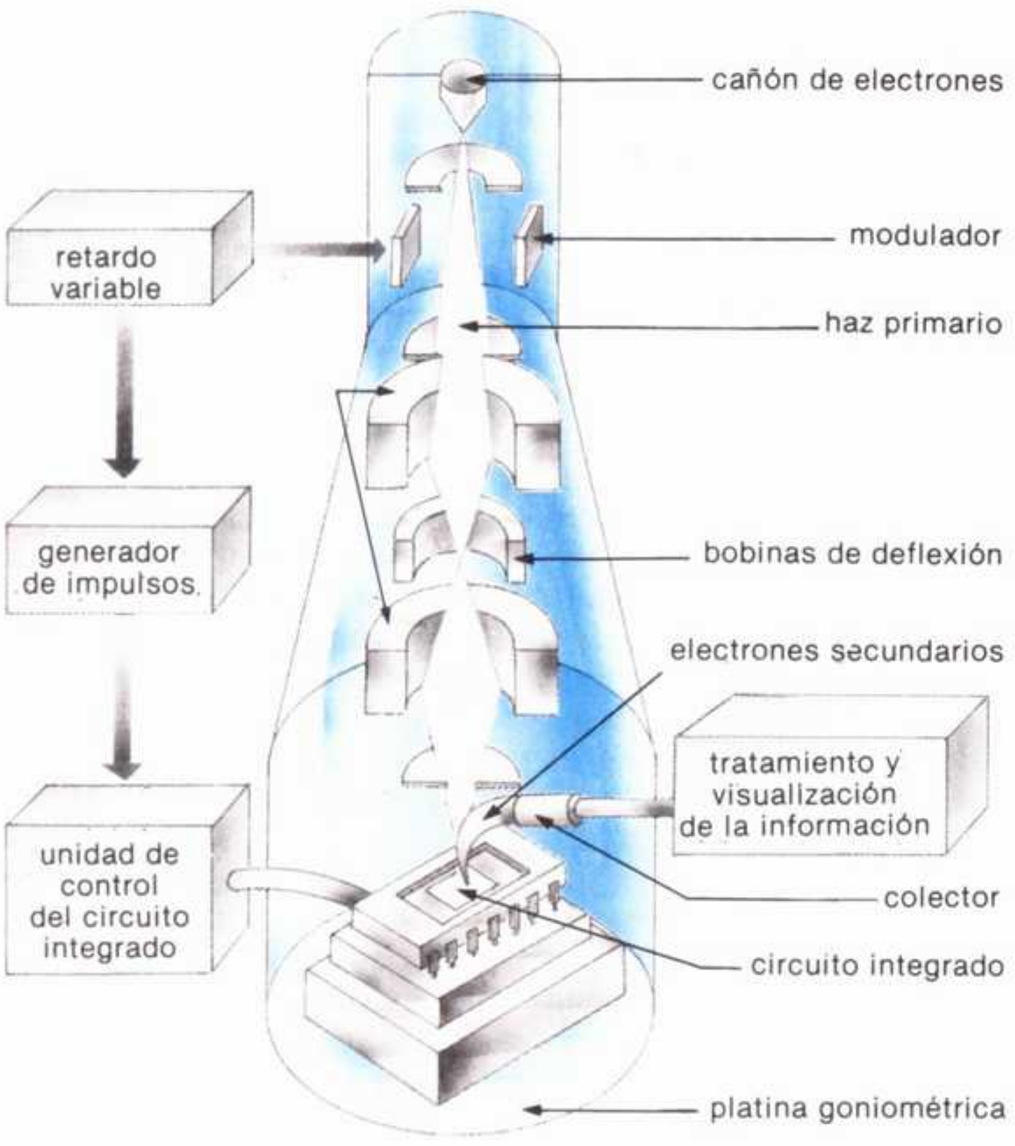


Figura 1. **Para visualizar el funcionamiento de un circuito integrado que contiene un millón de transistores y determinar un error de diseño o una avería se está desarrollando una nueva técnica de ensayo: la estroboscopía del subnanosegundo. El principio es el siguiente: el circuito integrado, situado en la cámara de un microscopio electrónico de barrido, se hace funcionar «bajo control», es decir, a una frecuencia determinada. El haz de electrones del microscopio, modulado en impulsos de muy corta duración y a la misma frecuencia pero con un desplazamiento temporal τ, barre la superficie del circuito. La detección de los electrones secundarios emitidos por cada punto del circuito permite formar la imagen «en contraste de potencial» del estado eléctrico del conjunto. Las zonas oscuras corresponden a las regiones de potencial positivo.**
Fijando el retardo a un valor τ_1 y barriendo el haz sobre el circuito se obtiene una imagen en el instante τ_1. Para otro valor τ_2 de retardo, la imagen muestra la evolución de los potenciales entre los dos instantes τ_1 y τ_2. Variando lentamente el retardo sobre un periodo completo del funcionamiento del circuito integrado, sobre la pantalla pasa una película en la que puede seguirse la propagación de las señales y, así, ver en cámara lenta como trabaja el circuito.

La avería debe saltar a la vista

Cuanto más densos se hacen los circuitos integrados, más compleja es su verificación. El problema sólo puede resolverse con el ensayo de cada elemento interno; pero también es preciso que dicho ensayo sea dinámico, puesto que un circuito lógico realiza una secuencia de operaciones que se desarrollan en el tiempo a una velocidad impuesta por el sistema.(1)

El ensayo dinámico tiene otra ventaja práctica extremadamente importante: resulta mucho más fácil notar un punto singular en un conjunto en movimiento que estático. Así, un elemento que bloquea el desarrollo de las operaciones debido a una malfunción «saltará a la vista del observador», mientras que si debe observarse la misma avería mediante una serie de controles punto por punto, sería necesario un análisis muy tedioso. La técnica empleada de forma clásica para ensayar los circuitos consiste en medir los potenciales eléctricos a lo largo de las líneas de conexión internas con la ayuda de un conjunto de puntas mecánicas accionadas por microdesplazamientos, conectadas a un osciloscopio o a un analizador lógico. Un mal funcionamiento del circuito se traduce en una anomalía del potencial medido.

Si bien hasta ahora este método ha sido el útil de base para la detección de los errores de diseño de los circuitos, resulta inadecuado para los circuitos de alta densidad de integración.

A las dificultades de posicionamiento mecánico de las puntas de prueba sobre superficies de algunas micras cuadradas se une el problema de la perturbación eléctrica introducida por la presencia de tales sondas mecánicas. Efectivamente, la capacidad de un elemento de un circuito integrado «moderno» es de algunos femtofaradios (10^{-15} F), y como la capacidad de la punta de prueba no es inferior al picofaradio (10^{-12} F), perturba el funcionamiento correcto del circuito en el momento del ensayo.

Ver cómo trabaja el circuito

La única alternativa parece ser el recurso a una sonda electrónica. Respecto al comprobador de puntas presenta numerosas ventajas: en cualquier punto de la muestra puede posicionarse rápidamente y con una gran precisión un haz de electrones de algunas décimas de micra de diámetro. Además, optimizando la tensión de aceleración de los electrones se minimiza la perturbación que producen y, empleando corrientes muy débiles (de 10^{-9} amperios) no se induce ninguna degradación en la muestra. Otra ventaja primordial reside en la posibilidad de barrer rápidamente la sonda por toda la superficie y visualizar así el estado eléctrico del conjunto. Finalmente, la modulación del haz de electrones con impulsos de muy corta

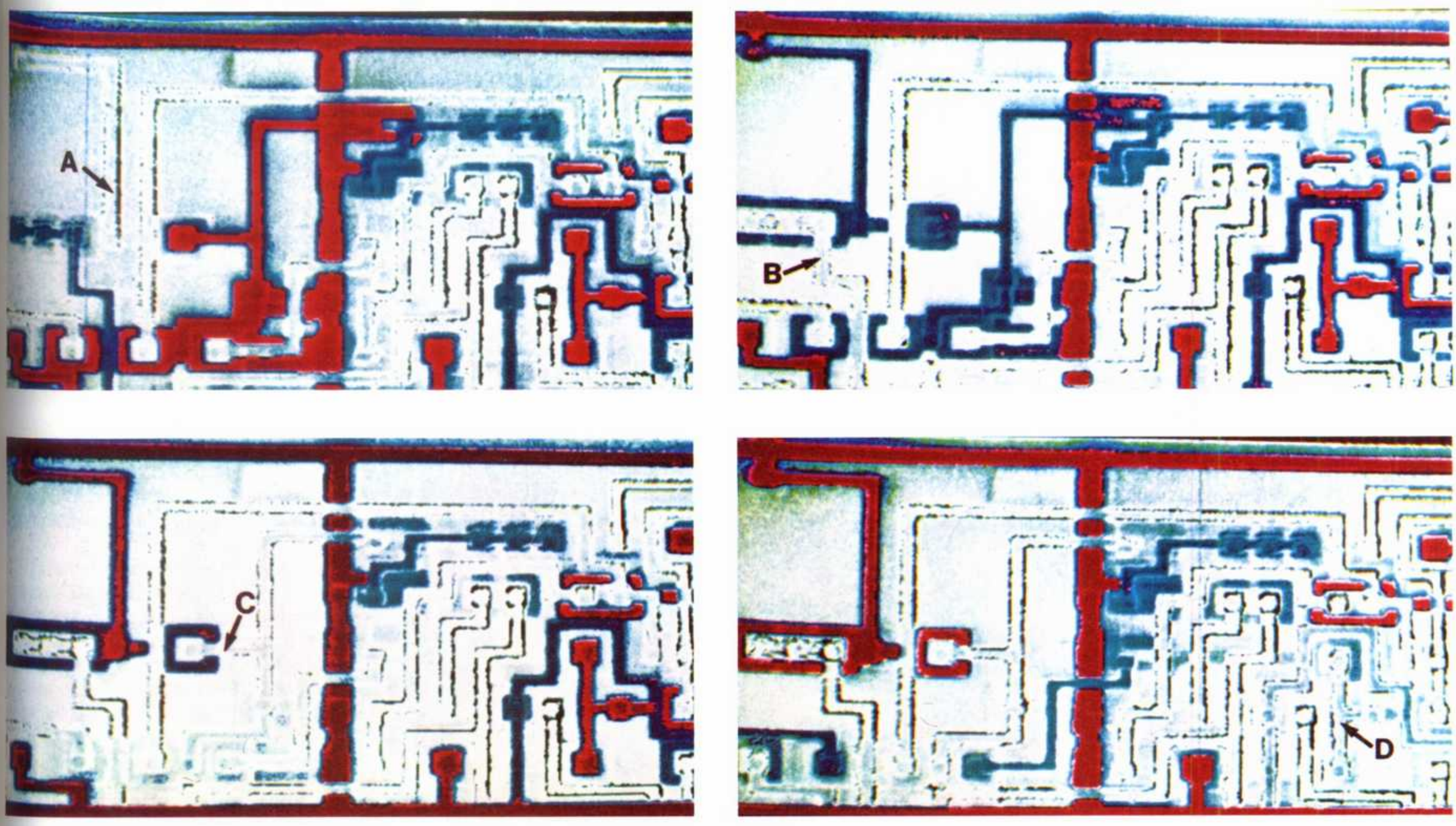


Figura 2. **Estas imágenes, obtenidas en el CNET mediante estroboscopia al nanosegundo, muestran el funcionamiento interno de una parte de un circuito integrado. La frecuencia de reloj que controla el circuito es de 2 MHz; la duración de los impulsos de la sonda electrónica, 500 picosegundos. En el instante t = 0, la señal eléctrica se envía al punto A del circuito (1). Desplazando el impulso electrónico 3 nanosegundos, la imagen (2) muestra la conmutación de la puerta «NAND» en B. Al cabo de 8 nanosegundos, la puerta «NAND» en C pasa al estado lógico «0» (3) y, después de 15 nanosegundos, la puerta «NOR» situada en D conmuta (4). La técnica seudocromática aquí empleada permite diferenciar los niveles de potencial: blanco (0-1 V), azul (2-3 V) y rojo (4-5 V).** (Fotos CNET.)

duración, inferior al nanosegundo, conduce a un muestreo temporal y permite seguir sobre la pantalla la evolución del circuito en funcionamiento. De esta forma vuelve a encontrarse el principio de la estroboscopía, pero con el matiz de que el haz no es óptico, sino electrónico (fig. 1).

¿Cómo se forman las imágenes del estado eléctrico de un circuito? Ahí reside, precisamente, el problema; y si la estroboscopía del nanosegundo ha podido desarrollarse es gracias a las prestaciones de los microscopios electrónicos de barrido. En estos aparatos, la imagen del objeto sometido al impacto de un haz incidente de algunos KeV se forma por las variaciones espaciales del número de electrones secundarios emitidos por la muestra bombardeada. Estas variaciones de intensidad reflejan las variaciones de la naturaleza química de la topografía, pero también las del potencial de superficie de la muestra. Este último efecto es el que se utiliza para visualizar el estado eléctrico del circuito integrado; en efecto, como la energía de los electrones secundarios es baja (de algunos electrones-voltio), queda fuertemente afectada por el potencial de superficie del punto del cual proceden, potencial que puede detectarse insertando una rejilla retardadora entre la muestra y el detector de electrones: de esta manera, las regiones oscuras corresponden a los elementos del circuito que han sido llevados a un potencial positivo. Así, por simple «contraste de potencial», se visualiza directamente el estado eléctrico del circuito. Este mismo contraste, analizado de forma cuantitativa, asegura una medida del potencial en un punto. En el laboratorio de Siemens, el equipo de P. Fazekas ha reconstituido el mapa de los potenciales de un circuito integrado con una precisión de un milivoltio.

El otro problema que han tenido que resolver los investigadores antes de contemplar la aplicación de la estroboscopía al ensayo de los circuitos VLSI ha sido la producción de impulsos electrónicos de muy corta duración. Ciertamente, como una señal sólo emplea algunos microsegundos para pasar de un transistor a otro, es preciso que la duración del impulso, magnitud que fija la resolución temporal del método, sea inferior a un nanosegundo. En el CNET hemos visualizado el funcionamiento de un circuito VLSI que trabaja a una frecuencia de 2 MHz, produciendo impulsos de 500 picosegundos (fig. 2). Ahora bien, sabemos que técnicamente es posible realizar un muestreo bastante más rápido con el haz de electrones, lo cual abre el camino a diferentes aplicaciones, como la visualización del funcionamiento de componentes discretos, por ejemplo. Recientemente, un equipo de la universidad de Osaka ha filmado en cámara lenta el funcionamiento de un diodo de hiperfrecuencias modulando un haz de electrones al picosegundo.[2]

(1) P. Fazekas, H.P. Feuerbaum, E. Wolfgang, *Electronics*, p. 105, julio 1981.
(2) K. Ura, H. Fujioka, T. Hosokawa, *Journ. of Electr. Microsc., 27*, n.º 4, p. 247, 1978.

La microelectrónica dará por sí misma las soluciones que plantea su propio desarrollo.

COLECCIONE

MUNDO CIENTIFICO

A LA VENTA LAS TAPAS

— Con sistema especial de varillas metálicas que le permite *encuadernar usted mismo.*

— Mantenga *en orden y debidamente protegida* su revista de cada mes.

— Cada ejemplar puede extraerse del volumen cuando le convenga, sin sufrir deterioro.

Copie o recorte este cupón y envíelo a
Editorial Fontalba, Valencia, 359, 6.º - Barcelona-9 (España)

Deseo que me envíen: ☐ las TAPAS _____ 650 ptas.*
☐ las TAPAS más la COLECCION COMPLETA (nos 1 al 9) _____ 2.900 ptas.*
* Precios válidos sólo en España.

Efectuaré el pago mediante: ☐ contrarrembolso más gastos de envío
☐ cheque adjunto

Nombre _____
Profesión _____ Tel. _____
Domicilio _____
Población _____ D.P. _____
Provincia _____ Firma

Un útil suplementario para el diseñador de los circuitos del futuro

Las aplicaciones de la estroboscopia del subnanosegundo se anuncia como muy numerosas, y los fabricantes de microscopios electrónicos, que al principio se mostraban indiferentes, empiezan a interesarse por el tema. Algunos ya anuncian el lanzamiento de microscopios «comprobadores de circuitos».

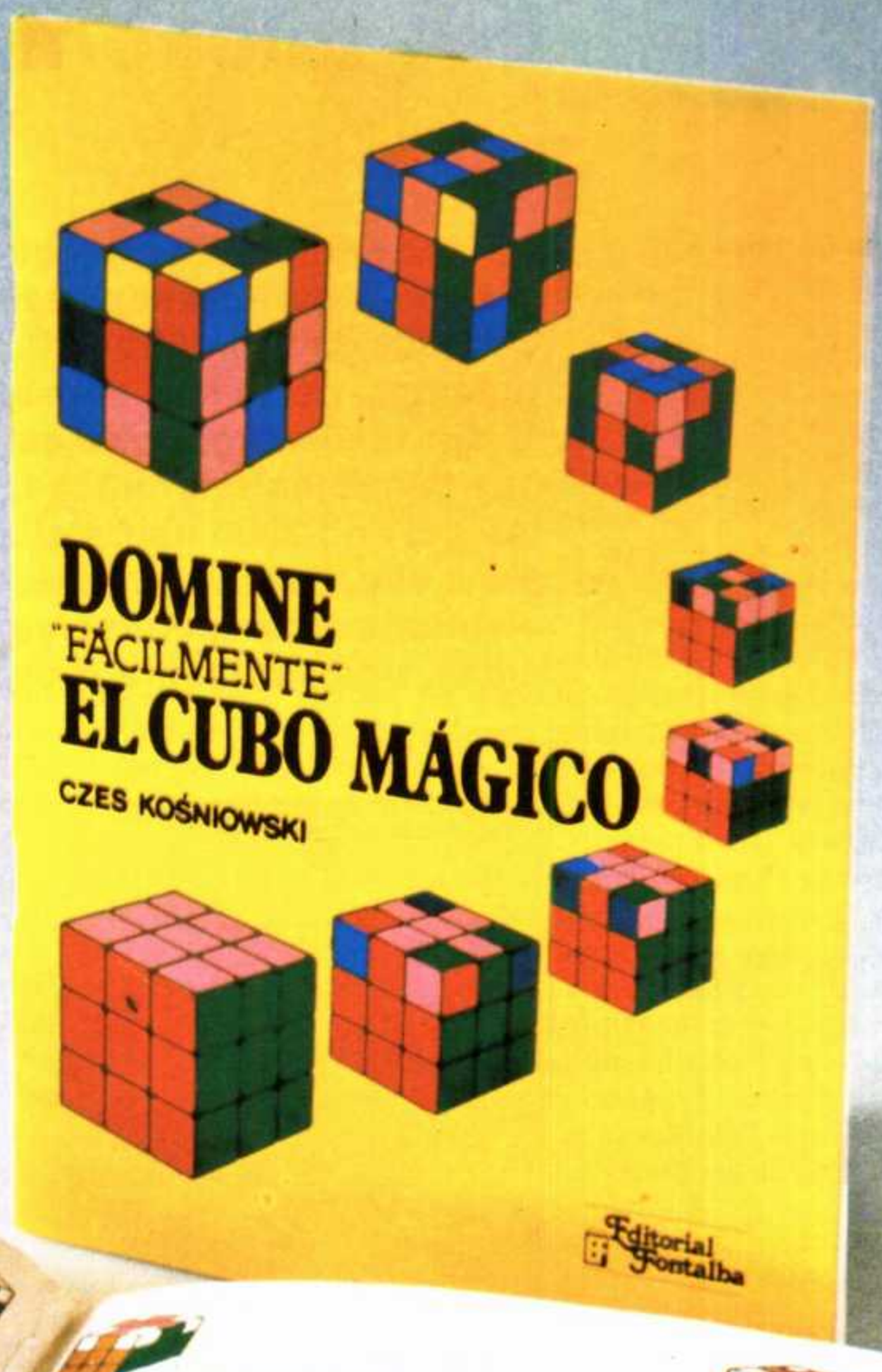
No es la primera vez que la microelectrónica abre un mercado a los fabricantes de microscopios. En 1970 se les pidió que desarrollaran máscaras electrónicas. Estas máquinas, que al principio sólo eran unos útiles de laboratorio próximos a los microscopios clásicos y que servían para trazar motivos sencillos sobre el circuito integrado, han sido suplementadas con sistemas informáticos de grandes prestaciones que garantizan el dibujo de circuitos complejos y la realización automática de las correcciones precisas. Estos sistemas informáticos controlan las operaciones a partir de las cintas de datos que les suministra el útil de «diseño asistido por ordenador» (DAO), el cual ha ayudado al diseñador a realizar el dibujo del circuito.

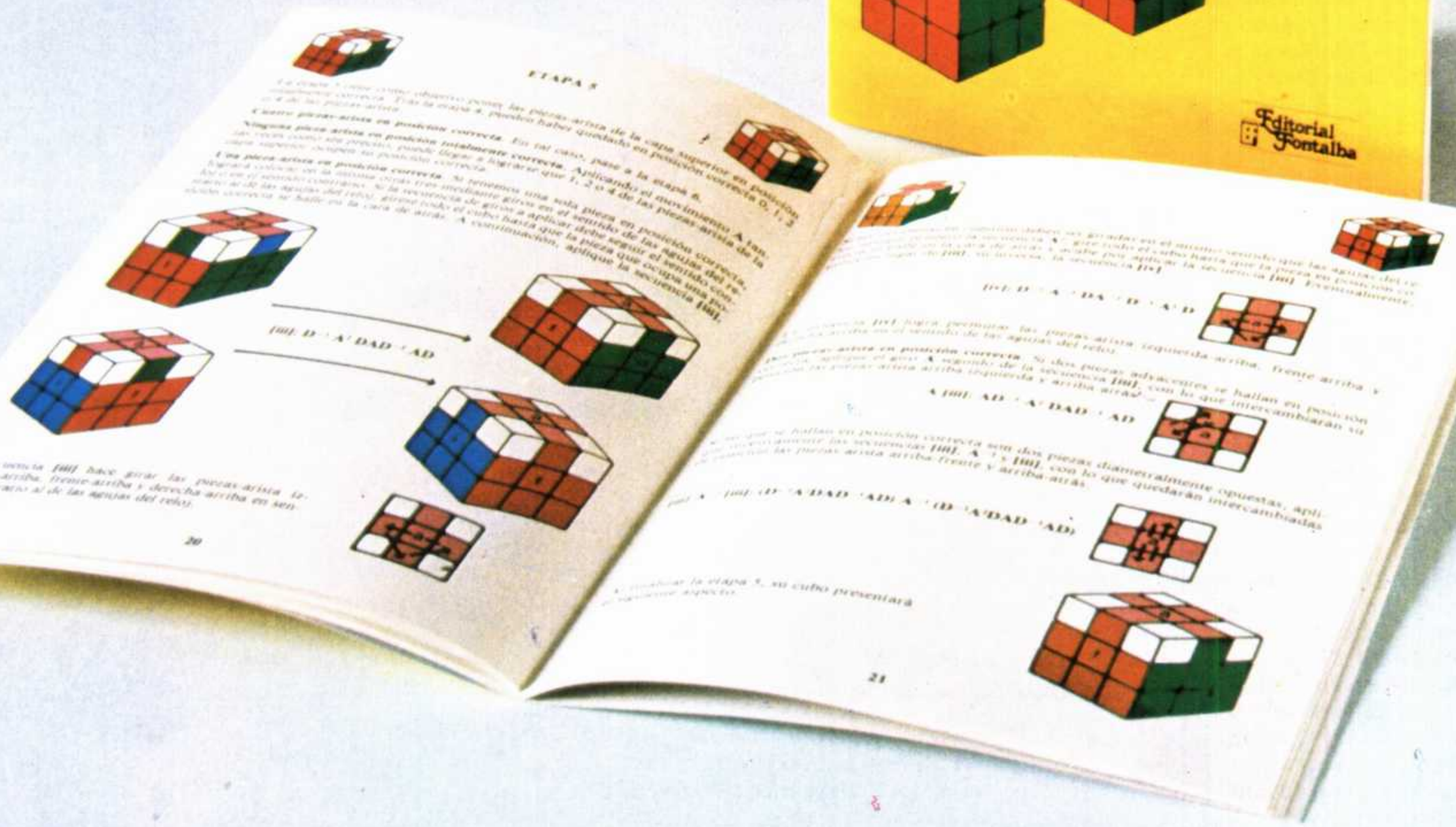
Es de prever que los comprobadores electrónicos aprovecharán estos mismos accesorios. El diseñador introducirá en el ordenador de control las cintas que han servido para la generación de las máscaras, y empleará un lenguaje evolucionado que le permitirá pedir al comprobador que realice las mediciones que desee en el punto designado del circuito. Sobre estas bases aparece la posibilidad de ensayar de una forma totalmente automática un gran número de «puntos calientes» designados en el momento del diseño. La máquina posicionaría la sonda, muestrearía los estados eléctricos después de haber aplicado a la entrada las instrucciones de ensayo requeridas y compararía estos resultados con los producidos por los modelos de simulación existentes en un sistema DAO integrado. Es evidente que un sistema como éste no estaría limitado por parte de la microscopía, ya que las resoluciones espacial y temporal seguirían siendo ampliamente suficientes para poder seguir la evolución hacia las tecnologías «micrónica y nanosegundo» y después «submicrónica y picosegundo». En cambio, el tratamiento informático será muy pesado; pero, seamos optimistas: la microelectrónica proporcionará por sí misma las soluciones a los problemas técnicos que plantea su propio desarrollo.

Adrien Georges y Jean-Michel Fournier.

DOMINE
"FÁCILMENTE"
EL CUBO MÁGICO

CZES KOŚNIOWSKI





Con la ayuda de este libro el Cubo de Rubik ya no guardará misterios para Ud. Ofrece la solución fundamental para el cubo y presenta métodos para la resolución de las nuevas formas.

De venta en quioscos. P.V.P.: 190 Ptas.

Editorial Fontalba
Valencia, 359
Barcelona-9

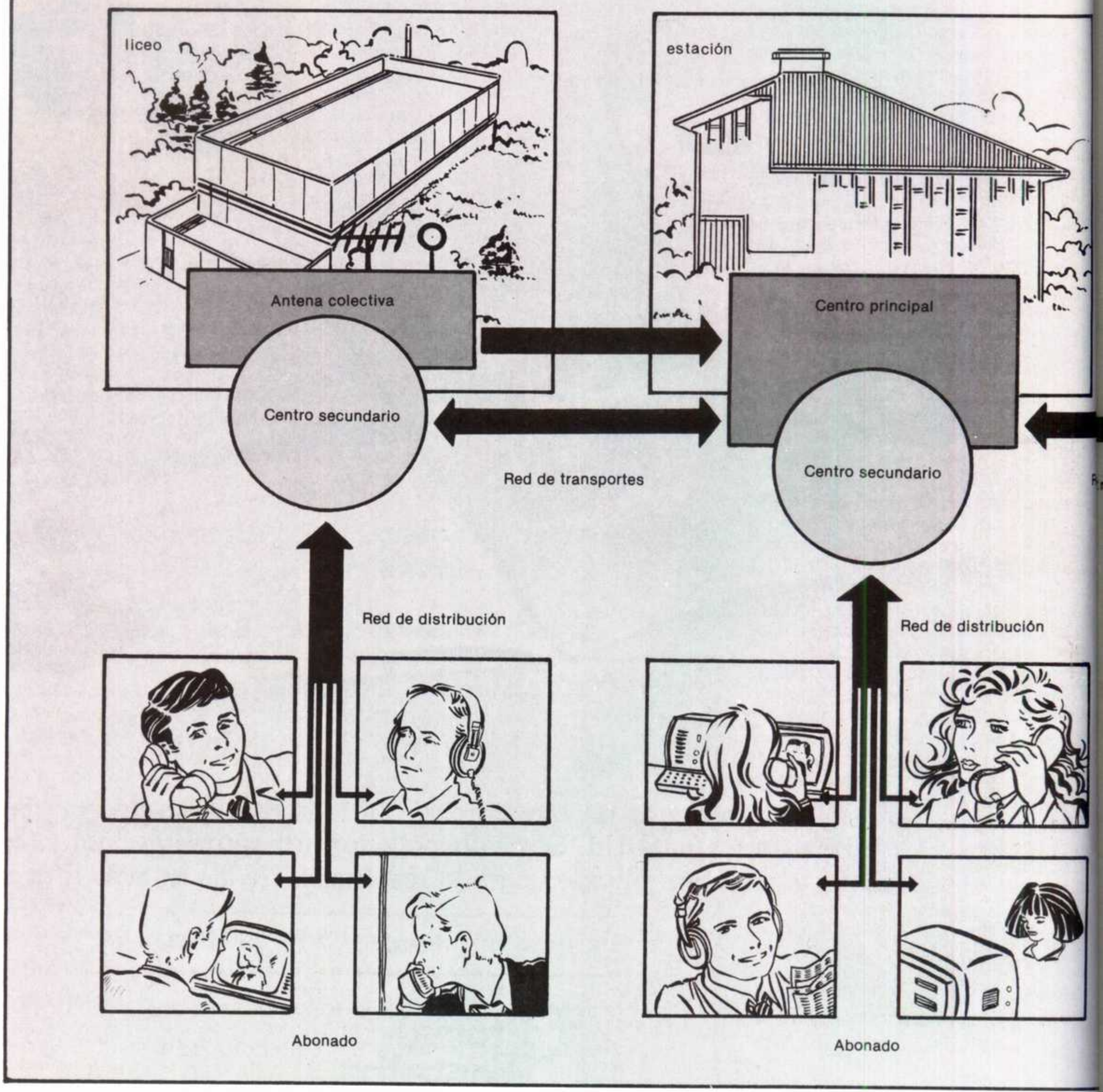
Las telecomunicaciones ópticas

por Dan Ostrowsk

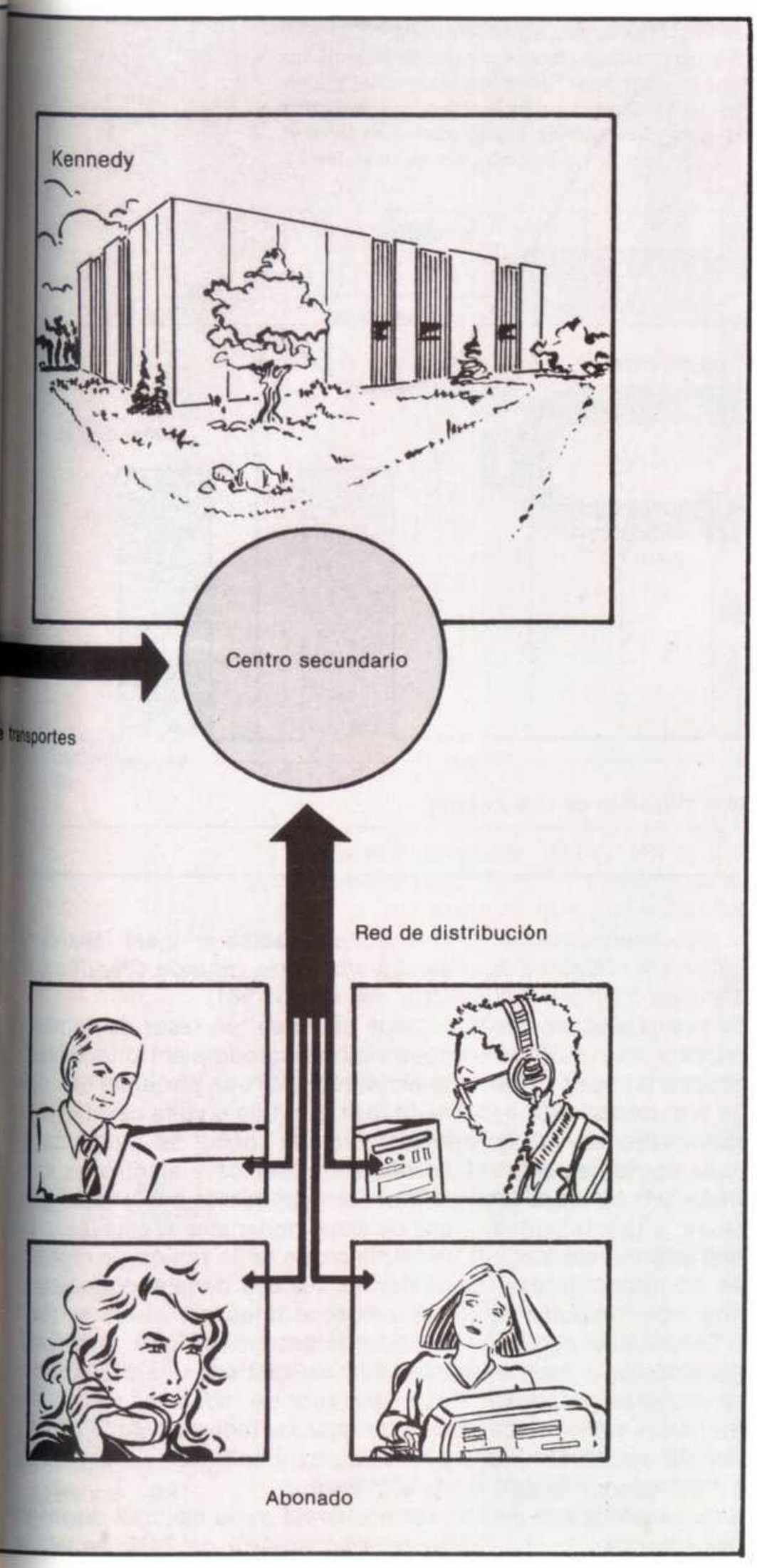
Dan Ostrowsky es profesor en la universidad de Niza y director del Laboratorio de electroóptica, donde trabaja sobre las ondas ópticas guiadas.

Hace mucho tiempo que se sueña en las comunicaciones a velocidad de la luz, pero ¿cómo hacer para transportar una información de fotones luminosos a lo largo de centenares de miles de kilómetros? Las telecomunicaciones ópticas suponen la disponibilidad de fuentes potentes, de «hilos» de tranmisión sin pérdidas y de detectores fieles.

En 1960, ninguno de estos elementos clave existía, y toda esperanza era vana. En 1982 ya hay centrales telefónicas, empresas y ciudades conectadas mediante enlaces ópticos. Antes del año 2000 habrá ciudades, e incluso países, totalmente unidos ópticamente. Para llegar a ello, habrán sido necesarios veinte años de investigaciones y la puesta a punto de tres elementos indispensables: diodos laser, fibras ópticas y fotodiodos. En la historia de las técnicas, una verdadera proeza de la investigación y la industria.



A partir de 1983, 1 500 abonados de Biarritz estarán conectados a la red nacional telefónica francesa por vía óptica (fig. 1). Las señales eléctricas de salida del teléfono estimularán un emisor de luz que proporcionará una potencia óptica proporcional a la intensidad de la señal eléctrica inicial. Este mensaje óptico, codificado y llevado al receptor por una fibra óptica, remplazará a la corriente eléctrica de los tradicionales cables de cobre (fig. 2). Ahora bien, la capacidad de este nuevo tipo de enlace es tal, que cada abonado dispondrá de un visiófono, podrá ver treinta cadenas de televisión, escuchar doce emisoras de radio, transmitir y recibir documentos y consultar bancos de datos gracias a un terminal telemático completo...



En París, las centrales Tuileries y Philippe Auguste ya están conectadas mediante un mazo único de setenta líneas ópticas, instalado por Thomson CSF y capaz de transmitir 35 000 conversaciones telefónicas simultáneas. La Compagnie Générale d'Electricité, por su parte, está desarrollando el enlace óptico de Córcega con el continente. En los Estados Unidos, la sociedad Bell Telephone sola contabilizará en 1981 60 000 km de fibras instaladas, y tiene en construcción el enlace Boston-Washington, que será operativo a partir de 1983. En Alemania Occidental, la compañía telefónica va a experimentar a partir de 1985 una red telefónica de fibras ópticas, que suministrará la sociedad Standard Electrika Lorenz. Europa y Estados Unidos no están solos en esta explosión. Comparten el mercado con Japón, mercado que ha sido de 40 000 millones de pesetas en 1981 y que sobrepasará 160 000 millones de pesetas en 1985.

Por tanto, no se trata de prospectiva, sino de realidades: gracias a progresos técnicos tan rápidos como decisivos, la óptica ha invadido las telecomunicaciones. En verdad, la idea de utilizar la luz para transmitir información no data de hoy; los griegos y los indios americanos se comunicaban ya mediante señales de fuego o de humo codificadas. También se sabe que, en el siglo XVIII, Claude Chappe construyó un sistema de complicados telescopios para establecer un enlace telegráfico óptico entre París y Estrasburgo. Pero la lluvia, la niebla y la nieve han vencido a estos sistemas, que tenían el gran inconveniente de emplear la atmósfera como medio de propagación, y la transmisión por hilo eléctrico impuso su reinado. Cabe preguntarse por qué esta obstinación en emplear la luz. La razón fundamental es bien sencilla: la cantidad de información susceptible de ser transportada por una onda aumenta directamente con la frecuencia de ésta, y los técnicos siempre han tratado de conseguir un mayor caudal de información. Así, no había más remedio que desembocar en las ondas luminosas, pues aún las frecuencias más elevadas de radio (hasta 10^{10} Hertz) son de diez a cien mil veces más bajas que las ópticas (10^{14} — 10^{15} Hz). Si bien es cierto que una onda óptica permite transportar bastante más información que una onda de radio o una corriente eléctrica en un cable, otros factores bastante más prácticos impulsan el desarrollo de las telecomunicaciones ópticas. El espacio ocupado en el subsuelo de las grandes ciudades es uno de ellos. Sin necesidad de abrir nuevas zanjas, cada cable eléctrico podrá reemplazarse por veinte fibras ópticas de capacidad equivalente. Esta ventaja de espacio reducido se acompaña de otras: no más necesidad de cobre, no más cortocircuitos, y todo ello a precios más que competitivos. Naturalmente, esto no significa que se vayan a abandonar las telecomunicaciones tradicionales por radio: son menos sensibles que la luz a las perturbaciones atmosféricas y, además, el aire es gratuito ¡cosa que no sucede con las fibras ópticas de sílice dopado! Sin embargo, en numerosas aplicaciones, los sistemas de telecomunicaciones ópticas llevan camino de imponerse.

Nuestro propósito aquí es mostrar cómo, en sólo diez años, ha podido tener lugar esta revolución tecnológica y han podido realizarse los progresos necesarios en los tres aspectos esenciales de la emisión, la transmisión y la recepción. Huelga decir que es la invención del laser, al principio de los años sesenta, la que ha relanzado la era de las telecomunicaciones ópticas. Sin embargo, en aquella época, sólo se disponía de los fotodetectores utilizados en los receptores, de entre los elementos necesarios (fig. 2). Los láseres aún eran unos delicados instrumentos de laboratorio, cuyos haces eran muy difíciles de codificar por simple modulación de la intensidad o de la frecuencia. Por otra parte, se reconocía que la transmisión a través de la atmósfera tropezaba con dificultades insolubles, pero la transparencia de las fibras ópticas disponibles era tan pobre ¡que se perdía el 99 % de la luz inyectada al cabo de sólo 20 metros de propagación! ¿Cómo se han superado tales dificultades? Para empezar, examinemos los problemas relacionados con la emisión y la modulación de la luz.

¿Láseres o diodos electroluminiscentes?

En la actualidad se emplean dos tipos de emisores de elevada prestación:

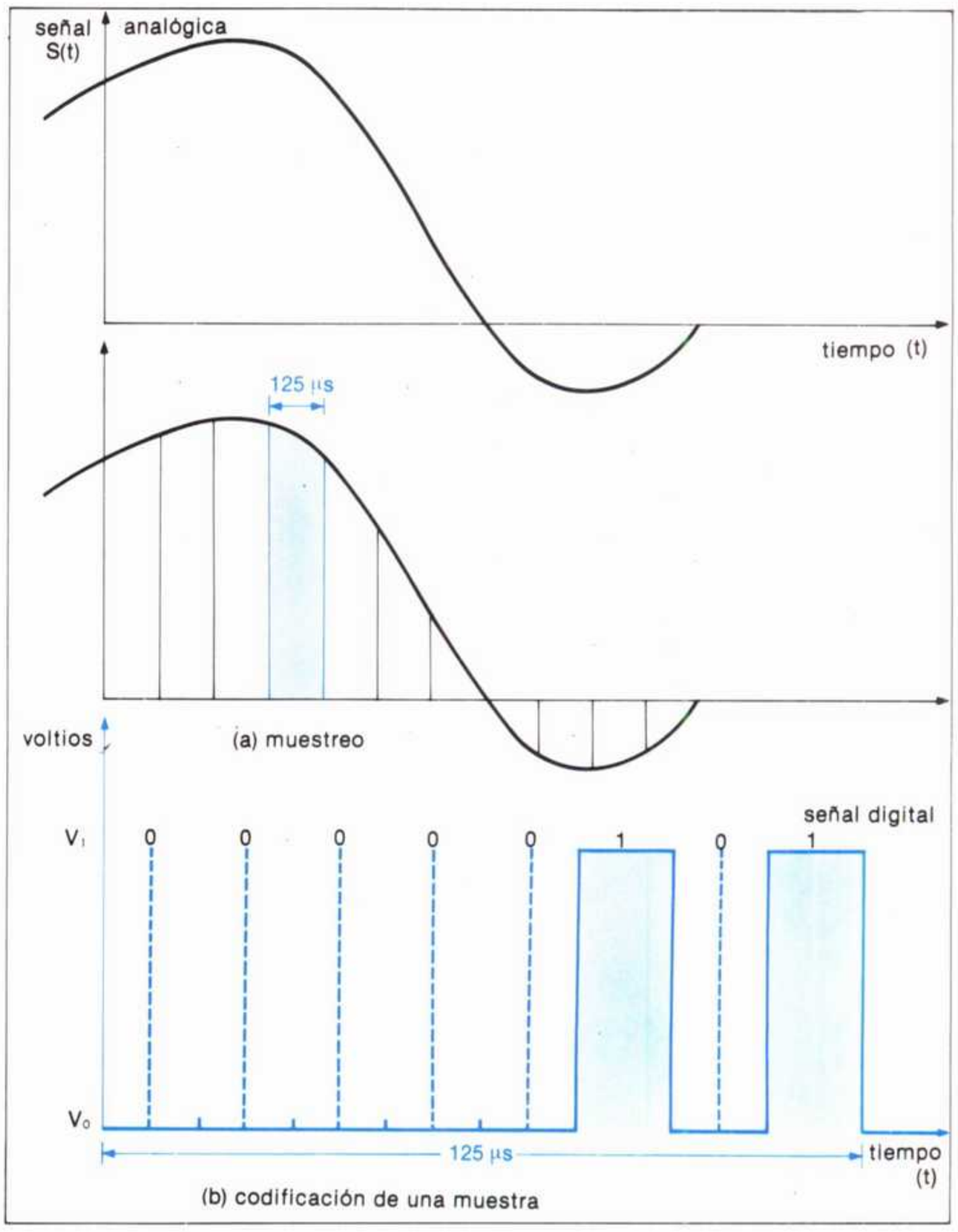
Figura 1. **En 1983 se iniciará en Biarritz una gran experiencia de telemática gracias a un terminal compuesto por una pantalla, un combinado y un teclado con el que los abonados podrán disfrutar de varios servicios: visiofonía, teléfono, televisión, radio en Alta Fidelidad, videotex, bancos de datos y de imágenes, etc. Las informaciones serán conducidas por fibras ópticas desde el centro principal hacia las casas pasando por los centros secundarios instalados en los barrios (Gare y Kennedy). Para que el abonado pueda solicitar y recibir al mismo tiempo las informaciones, se ha previsto un cableado de dos fibras ópticas: una para la recepción y la otra para la interrogación.**

Láseres o diodos:
¿cuál será la fuente del mensaje luminoso?

1. La codificación de la información

■ En todo este artículo hacemos referencia a tasas de información en términos de bites/segundo, es decir, de números binarios (0 ó 1) que pueden transmitirse por segundo. Evidentemente, este concepto está ligado a los sistemas digitales que se utilizarán en la mayoría de los sistemas de comunicaciones ópticas de gran capacidad, ya que permiten el empleo de circuitos electrónicos integrados, cuyo bajo coste es bien conocido. Para convertir una señal analógica (es decir, continua, por ejemplo una conversación telefónica) en una señal digital (una sucesión de números) debe muestrearse (a), cuantificar y codificar (b). Consideremos, por ejemplo, un enlace telefónico en el que tenemos necesidad de transmitir una voz con una banda pasante de 4 kHz. Para no perder la información, es preciso muestrear a una frecuencia que sea por lo menos el doble que la banda pasante, o sea 8 kHz, lo que significa cada 125 μs. Seguidamente debe cuantificarse, es decir, describir la amplitud de la señal cada 125 μs, con un número entero. En un sistema de 8 bites, la escala dinámica se descompone en 2^8 bites = 256 valores enteros discretos, gracias a los cuales se aproxima cada muestra. A continuación, este valor se codifica en binario, escribiéndose por ejemplo el número 5 como 00000101. Como quieren transmitirse 8 000 muestras por segundo para nuestra comunicación telefónica, esto significa 64 kilobites/s. Seguidamente se modula el rayo luminoso iluminando y apagando el emisor según deba transmitirse un 1 o un 0.

Si se emplean impulsos más cortos, el tiempo libre puede dedicarse a transmitir bites correspondientes a *otro enlace*. Es el multiplexado habitual. Con 140 Megabites/s pueden transmitirse 2 048 conversaciones telefónicas al mismo tiempo.



los láseres y los diodos electroluminiscentes (LED). Su funcionamiento se basa en el mismo proceso físico, ligado a la estructura general de los semiconductores (*La Recherche*, n.º 59, p. 740, setiembre 1975). En este tipo de material se sabe que los portadores de carga responsables de la conducción eléctrica son bien los electrones (carga negativa) bien los huecos, o sea, los electrones que faltan (carga positiva). En un semiconductor de tipo p, la conductividad se debe esencialmente a huecos, mientras que en un semiconductor de tipo n se debe a electrones.

Superponiendo estos dos tipos de materiales se obtiene un «diodo de unión p-n»; y si a este diodo se le aplica una tensión eléctrica de signo adecuado (llamada «polarización directa»), se provoca una corriente de electrones desde la región n hacia la región p y una corriente de huecos en sentido opuesto. Ahora bien, un electrón y un hueco que se encuentran en la región intermedia son susceptibles de recombinarse emitiendo luz a una frecuencia característica del semiconductor (su «gap»). Éste es el principio de funcionamiento de los diodos electroluminiscentes (LED): si por ellos circula una corriente eléctrica, emiten luz. Además, la intensidad luminosa es proporcional a la intensidad eléctrica, lo cual es una considerable ventaja porque para modular la intensidad luminosa basta con modular la corriente eléctrica. En un gran número de sistemas de telecomunicaciones, el rendimiento de estos diodos, capaces de inyectar aproximadamente 100 microvatios de potencia óptica en una fibra, es suficiente. Pero cuando la configuración del sistema necesita más potencia o un flujo de información más elevado, es preciso emplear láseres de semiconductores (*Mundo Científico*, n.º 10, p. 38, enero 1981).

¿Qué es, pues, un laser de semiconductor? Es un diodo electroluminiscente mejorado: por una parte, se ha confinado la luz emitida en una cavidad resonante; por la otra, se aumenta la corriente de huecos y electrones en el cristal semiconductor hasta que es capaz de desencadenar el efecto laser. Esto implica que en la región de recombinación exista una densidad de electrones y huecos tales que el primer fotón emitido al producirse una recombinación electrónica tiene una probabilidad mucho mayor de inducir la recombinación de otro par (emisión estimulada) y, por tanto, de amplificarse antes de dejar el cristal.

El problema de la cavidad resonante se resolvió a partir de 1962: se talla el

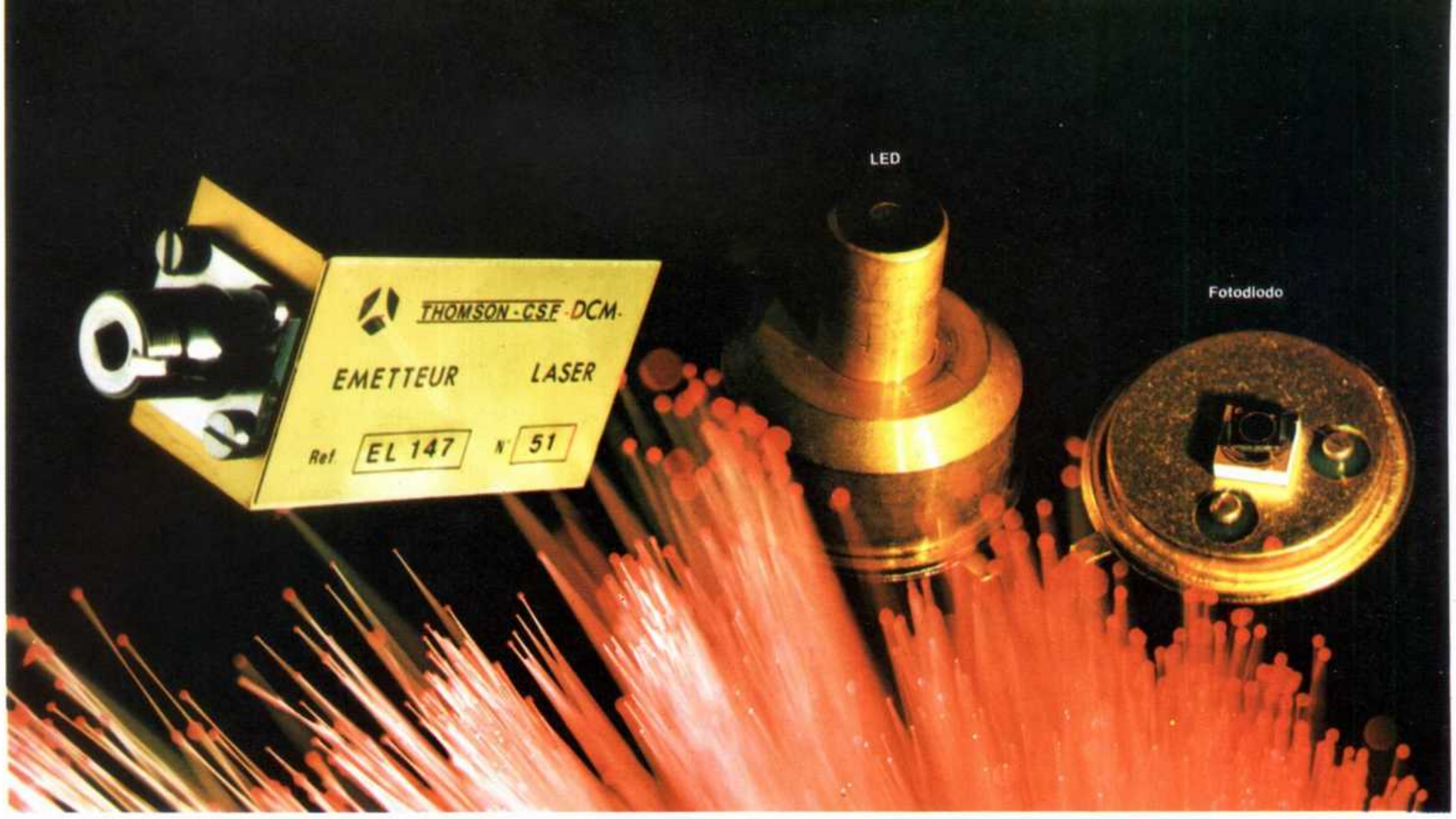
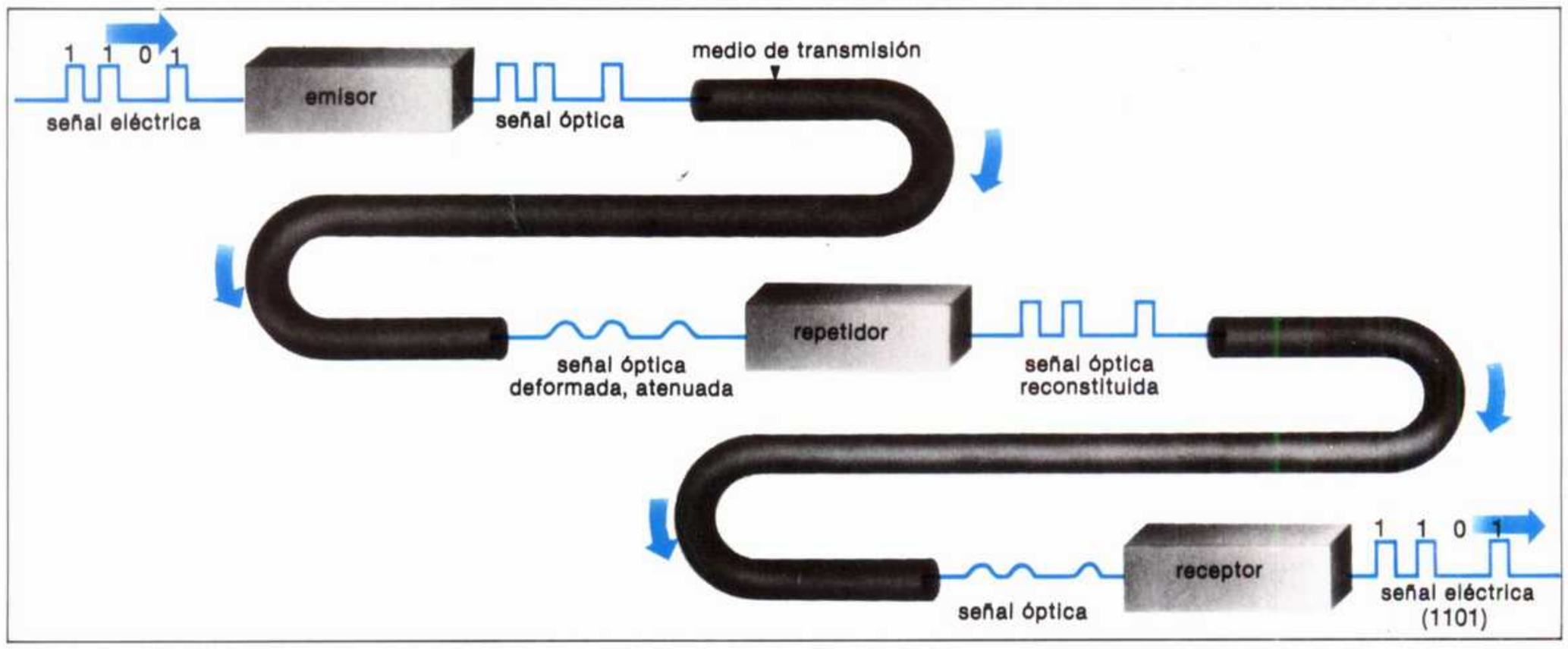


Figura 2. **Todo sistema de comunicaciones ópticas comporta tres elementos: un emisor (laser o LED), un receptor (fotodiodo) y un medio de transmisión (las fibras)** (A). **Hemos esquematizado su funcionamiento en** (B). **Una información codificada (véase cuadro 1) en forma de una señal eléctrica digital (en este caso 1101) se convierte en una señal óptica antes de enviarse a las fibras. Durante la propagación, la señal queda atenuada y deformada, por lo que deben intercalarse repetidores para restituir su forma antes de que llegue al receptor y se decodifique. La necesidad de elementos de enlace óptica-electrónica queda ampliamente compensada por la elevada densidad de información transmitida por estos sistemas, cuyo volumen es muy pequeño.**



cristal semiconductor (GaAs) por delante y detrás según el mismo plano cristalino, lo que asegura que ambas caras tengan un excelente paralelismo. Como el índice de refracción de los semiconductores empleados es muy elevado ($\sim 3{,}5$), estas caras talladas son muy reflectoras y sirven de espejos paralelos de la cavidad óptica resonante, que es el propio cristal. Esta técnica, que ya se empleó para producir los primeros láseres de semiconductores, aún se considera la más eficaz y es, por tanto, la más utilizada.

Los enormes progresos conseguidos por lo que hace al aumento de la corriente necesaria para la emisión estimulada han permitido al laser de semiconductor convertirse en un componente de gran valor práctico. Los primeros láseres de semiconductores con una unión p-n de arseniuro de galio realizados en 1962 por R.N. Hall y su equipo de General Electric necesitaban una corriente de inyección enorme, del orden de 100 000 A/cm^2, para obtener el efecto laser.(1) Con esta densidad de corriente se produce un calentamiento óhmico muy fuerte y, para evitar que el cristal se funda, es preciso enfriarlo a la temperatura del nitrógeno líquido (77 K). La realización de laseres de semiconductores que pudiesen funcionar continuamente y a la temperatura ambiente suponía, pues, que se encontrase un medio de reducir la corriente de inyección necesaria. Este medio fue demostrado por primera vez por Hayashi y M. Panish de Bell Laboratories en 1970.(2) Propusieron una nueva estructura para la unión p-n: la heteroestructura. Los láseres de primera generación eran simples homouniones, es decir, que la unión p-n se obtenía dopando, por difusión, un cristal único de tipo n para crear en él una región p. Por el contrario, las heteroestructuras son emparedados de cristales diferentes («hetero»). Por ejemplo, una doble heteroestructura GaAlAs - GaAs - GaAlAs (fig. 3) presenta dos principales ventajas: de una parte, el índice de refracción de la capa activa de GaAs es más elevado que el de la de GaAlAs que la envuelve y, por tanto, la capa de GaAs desempeña así un papel de guía de luz; de la otra, los portadores (los huecos que proceden de la región p del GaAlAs y los electrones que proceden de la región n del GaAlAs), que son inyectados desde ambos lados de la región activa, se reflejan particularmente en los límites opuestos. Por tanto, la recombinación se hace más eficaz y la emisión luminosa más fuerte. Así, tanto los portadores activos como la luz se encuentran confinados en la región activa, y el nivel de la densidad de corriente necesario para el laser queda reducido a aproximadamente 1 000 A/cm^2, lo que representa una ganancia de dos órdenes de magnitud con respecto a los primeros componentes. Limitando lateralmente a algunas micras las dimensiones de estas estructuras se obtienen láseres capaces de suministrar poten-

(1) R.N. Hall, G.E. Fenner, J.D. Kingsley, T.J. Soltys y R.O. Carlston, «Coherent light emission from GaAs junctions», *Phys. Rev. Lett., 2,* 366, 1962.
(2) I. Hayashi, M.B. Panish, P.W. Foy y S. Sumski, «Junction lasers which operate continuously at room temperature», *Appl. Phys. Lett., 17,* 109, 1970.

35 000 conversaciones telefónicas simultáneas en 70 fibras de vidrio, finas como cabellos.

cias de una decena de milivatios (excitándolos con corrientes del orden de 100 miliamperios con una tensión de algunos voltios).

Entre los trabajos de R.N. Hall y la realización de los primeros láseres de este tipo transcurrieron ocho años. Una vez establecidas las densidades de corriente, estos dispositivos podían funcionar de forma continua a la temperatura ambiente, pero sólo duraban algunas horas. Diez años más tarde, en 1980, y gracias a una serie ininterrumpida de progresos tecnológicos (control de los materiales y de las estructuras), los láseres de semiconductores funcionan durante diez años sin interrupción. Otra de las ventajas de los láseres es que emiten un haz de luz fino y bien dirigido, lo que simplifica los problemas de acoplamiento a las fibras. En cuanto a la frecuencia de esta luz, es mucho más definida que en el caso de los LED, lo cual evita una dispersión demasiado grande durante la propagación y aumenta las capacidades de transporte de información. Volveremos sobre estos puntos.

Antes de terminar el tema de los emisores, es preciso recordar un hecho importante: la intensidad luminosa proporcionada por los láseres y los LED depende de su corriente de inyección, por lo que cualquier modulación de ésta queda incluida en la señal óptica. Esto simplifica considerablemente la configuración de los sistemas de emisión.

La avalancha

Antes de pasar al difícil problema de las fibras ópticas, examinemos el de los receptores, ya que es parecido al de los emisores. Los receptores, es decir, los fotodetectores y los circuitos asociados a ellos, tienen por objeto recibir la señal transmitida y devolverle su forma original. Estos elementos requieren una elevada sensibilidad a la radiación incidente, un ruido mínimo y un tiempo de respuesta suficientemente rápido.

Los fotodiodos semiconductores (y su electrónica asociada) pueden responder a todas esas exigencias, presentando al mismo tiempo la importante ventaja de ser pequeños y económicos.

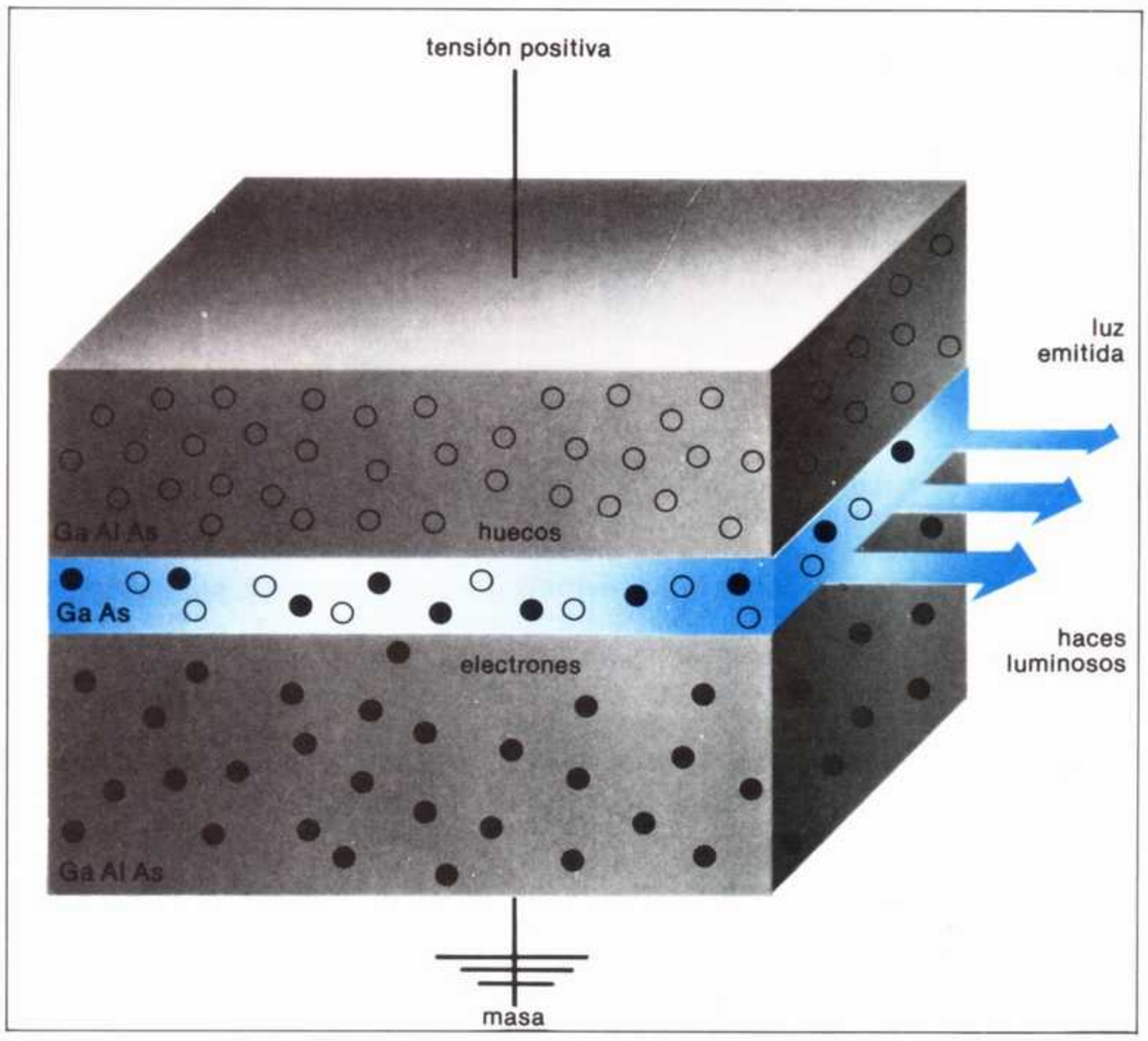


Figura 3. **Las telecomunicaciones ópticas sólo han tenido sentido hasta que se ha conseguido emisores de luz de rendimiento elevado, es decir, a partir de 1970, fecha en que nacieron los primeros láseres de semiconductores cuya estructura era más sencilla que la de los componentes actuales. Las «pastillas» laser de hoy son apilamientos de capas de GaAs y de GaAlAs. La región activa está formada por una heteroestructura doble GaAlAs/GaAs/GaAlAs, en la que los portadores de carga (huecos o electrones) están confinados en el interior de la capa de AsGa de unos 20 μm de espesor. La luz emitida, al producirse recombinaciones de pares electrón-hueco, se amplifica.**

De hecho, están constituidos po uniones p-n muy parecidas a las que s emplean para los emisores. Sin embar go, para que una unión como ésta pueda emplearse como fotodetector, s le aplica una polarización inversa y, po tanto, en reposo no circula por ella nin guna corriente. Cuando se ilumina, s crean pares electrón-hueco, o sea qu se generan cargas susceptibles d transportar una corriente. El campo eléctrico las hace atravesar el diodo, lo que produce una fotocorriente aproximadamente proporcional a la potencia luminosa absorbida y que puede detectarse en un circuito externo.

Así se hace eléctrica la señal luminosa. Esto es sencillo y conocido desde hace tiempo (*La Recherche*, nº 59, p. 740, sept. 1975). También se conoce desde hace diez años el medio de amplificar la sensibilidad del detector: en el ejemplo analizado anteriormente, la absorción de un fotón crea un solo par electrón-hueco. Aumentando suficientemente el valor de la polarización inversa, el campo eléctrico interno se hace más importante, y los portadores pueden adquirir una energía suficiente para ionizar los electrones vecinos por colisión, creando nuevos pares electrón-hueco que, a su vez, son acelerados y así sucesivamente. Se trata del efecto de *avalancha,* tanto más interesante por cuanto provoca una amplificación en el interior del propio fotodetector, produciendo así de 10 a 100 pares electrón-hueco por fotón absorbido. Estos detectores, fabricados en silicio, se encuentran en el mercado desde hace varios años y cumplen con todas las condiciones requeridas para funcionar como receptores de telecomunicaciones ópticas de 0,8 a 0,9 micras, gama de longitudes de onda de más uso en la actualidad. En muchos laboratorios ya se ha llegado a la gama de 1,5 μm, pero en el mercado aún no hay ningún dispositivo. La sociedad francesa SAT está desarrollando con este fin una aleación ternaria HgCdTe; otras basan sus esperanzas en un material cuaternario GaInAsP. El futuro decidirá sobre su éxito. Abordemos ahora el tercer punto mencionado, el esencial de las fibras ópticas.

Tres ventanas para ver el fondo del océano

Si la comunicación por laser entre el desierto de Arizona y la Luna no plantea ningún problema, se está muy lejos de que ocurra igual en la atmósfera contaminada de las ciudades. Los sistemas de propagación en atmósfera cerrada mediante espejos y lentes se revelan pronto impracticables tanto desde un punto de vista mecánico como finan-

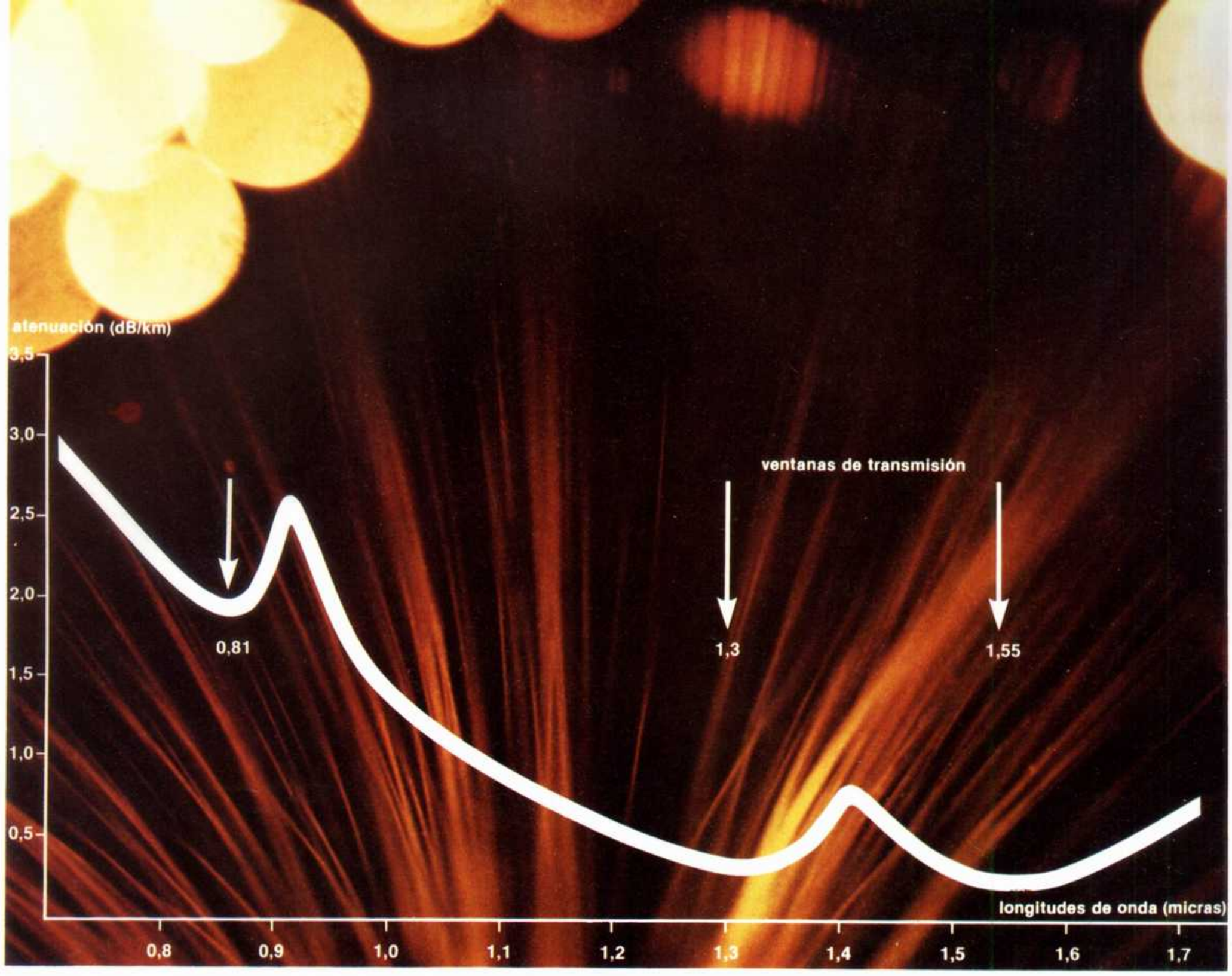


Figura 4. **La primera característica que se mide cuando se termina la elaboración de una fibra óptica es su atenuación espectral (la curva de abajo), o sea las pérdidas que presenta para las diferentes longitudes de onda empleadas en las telecomunicaciones ópticas. Las buenas fibras actuales tienen tres ventanas de transmisión (regiones de baja atenuación) de 0,85, 1,3 y 1,55 micras. Hay que observar que a 1,3 μm, la atenuación es cuatro veces menor que a 0,85 μm, y que a 1,55 μm es aún dos veces menor que a 1,3 μm. De ahí, que la tendencia sea impulsar los sistemas hacia 1,3 y 1,55 μm, ya que cuanto menor es la atenuación mayor es la distancia de transmisión sin repetidor.** (Foto CNET.)

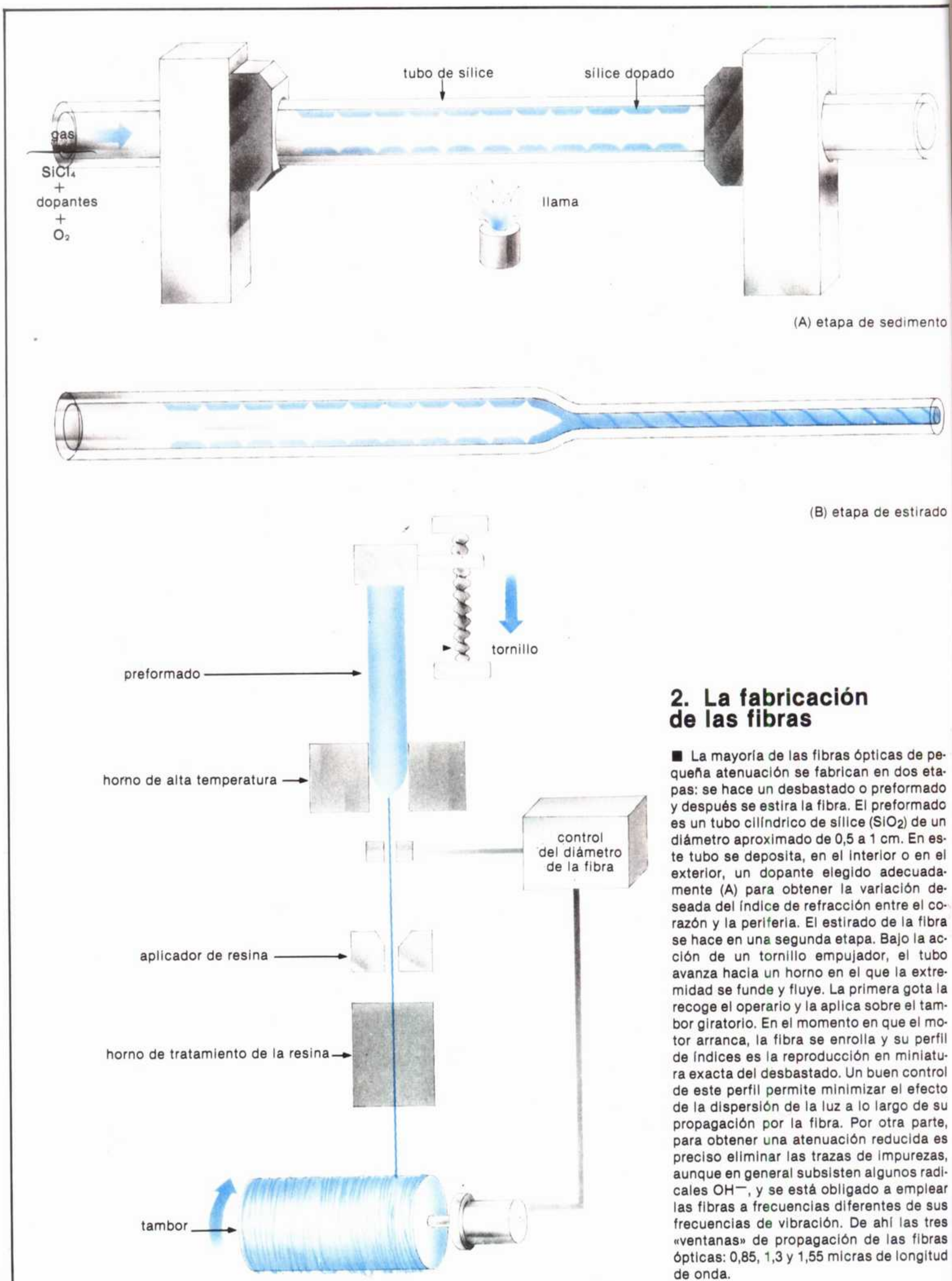
ciero. La atención converge, por tanto, sobre las fibras ópticas, unos largos cabellos de vidrio (de un diámetro de 100 micras) cuya región central, de índice de refracción más elevado, canaliza la luz gracias a la reflexión total. Evidentemente, estas fibras ofrecen la ventaja de ser un medio de transmisión protegido, pero plantean un difícil problema: por lo común, la atenuación de la señal es grande (fig. 4).

La esperanza nació realmente en 1966, cuando K.C. Kao y G.A. Hockmann, dos ingenieros británicos, comprobaron que la atenuación de las fibras ópticas existentes en aquella época estaba lejos de los límites que se podía esperar obtener.(3) La atenuación se mide en decibelios, siendo un decibelio diez veces el logaritmo decimal de la relación entre la potencia recibida y la potencia emitida. Por tanto, 1 000 dB/km significaría que al cabo de 20 metros de propagación se habría perdido el 99 % de la luz emitida. Ahora bien, K.C. Kao y G.A. Hockmann comprobaron, gracias a análisis espectroscópicos, que el cuarzo fundido, o sea un vidrio «puro», presenta una atenuación intrínseca por absorción de sólo 20 dB/km a longitudes de onda potencialmente utilizables. Para hacerse una idea de la importancia de las dificultades que deben vencerse para alcanzar esta cifra, debe tenerse en cuenta que la concentración de impurezas (Cu^{2+} y Fe^{2+}) en el cuarzo debe ser inferior a 10 partes por mil millones. Sin embargo, la meta fue alcanzada en 1970 en un laboratorio de la firma Corning, por un grupo dirigido por R. Maurer, quien se inspiró en los procedimientos de fabricación de cristales de gran pureza (cuadro 2). Feliz coincidencia, puesto que aún se recuerda que fue también en 1970 cuando se realizaron los primeros láseres de semiconductores capaces de funcionar de forma continua a temperatura ambiente. En la actualidad existen los dos componentes, y su combinación iba a conmover el mundo de las telecomunicaciones ópticas. Entre 1960 y 1970, sólo algunos equipos de investigadores aislados trabajaron en el desarrollo de las telecomunicaciones ópticas y con medios limitados. En 1970, todo cambia: los equipos se multiplican (varios centenares de investigadores en Francia) y las inversiones se intensifican hasta el punto de que, en 1980, los láseres y fibras ópticas son productos industriales disponibles en el mercado. Diez años para conducir a buen puerto un desarrollo como éste y semejante transferencia de tecnología es, probablemente ¡toda una marca!

Son numerosos los centros de investigación europeos, norteamericanos y japoneses que producen de forma corriente fibras cuya atenuación sólo es de algunos dB/km a 0,8 μm. Incluso algunos han conseguido 0,5 dB/km a 1,3 μm y 1,55 μm. A guisa de comparación, indicamos que si el agua fuese tan transparente, podría verse sin dificultad el fondo de los océanos más profundos. Sin embargo, esa atenuación no es despreciable, y se debe a la difusión intrínseca del sílice y a la irreductibilidad de un tipo particular de impurezas, los radicales OH^-, cuyos efectos deberemos analizar para dar fin a nuestros comentarios sobre los problemas de la atenuación. Estos radicales son susceptibles de absorber energía luminosa entrando en vibración; de modo que, para obtener una buena transparencia se les persigue en cada etapa del proceso de elaboración de la fibra y se eligen frecuencias ópticas diferentes de sus propias frecuencias. Esta elección es el origen de las famosas «ventanas» de transmisión de las fibras ópticas (fig. 4). Estas ventanas, en número de tres, son las regiones en las que la atenuación es mínima porque los radicales OH^- vibran menos. Están situadas respectivamente hacia 0,85, 1,2 y 1,55 micras de longitud de onda. En el 95 % de los sistemas que se instalarán en los próximos diez años, se ha elegido la primera ventana y, sin duda, la razón es que se dispone de emisores y detectores a 0,85 micras ya muy a punto. Trabajar a 1,2 micras sería más interesante porque, si así puede decirse, esta segunda ventana es más transparente que la primera. Pero esto supone el control de una

(3) K.C. Kao y G.A. Hockmann, «Dielectric fibre surface waveguides for optical frequencies», *LEE Proc., 113,* 1151, 1966.

La fabricación de las fibras ópticas: un gran arte.

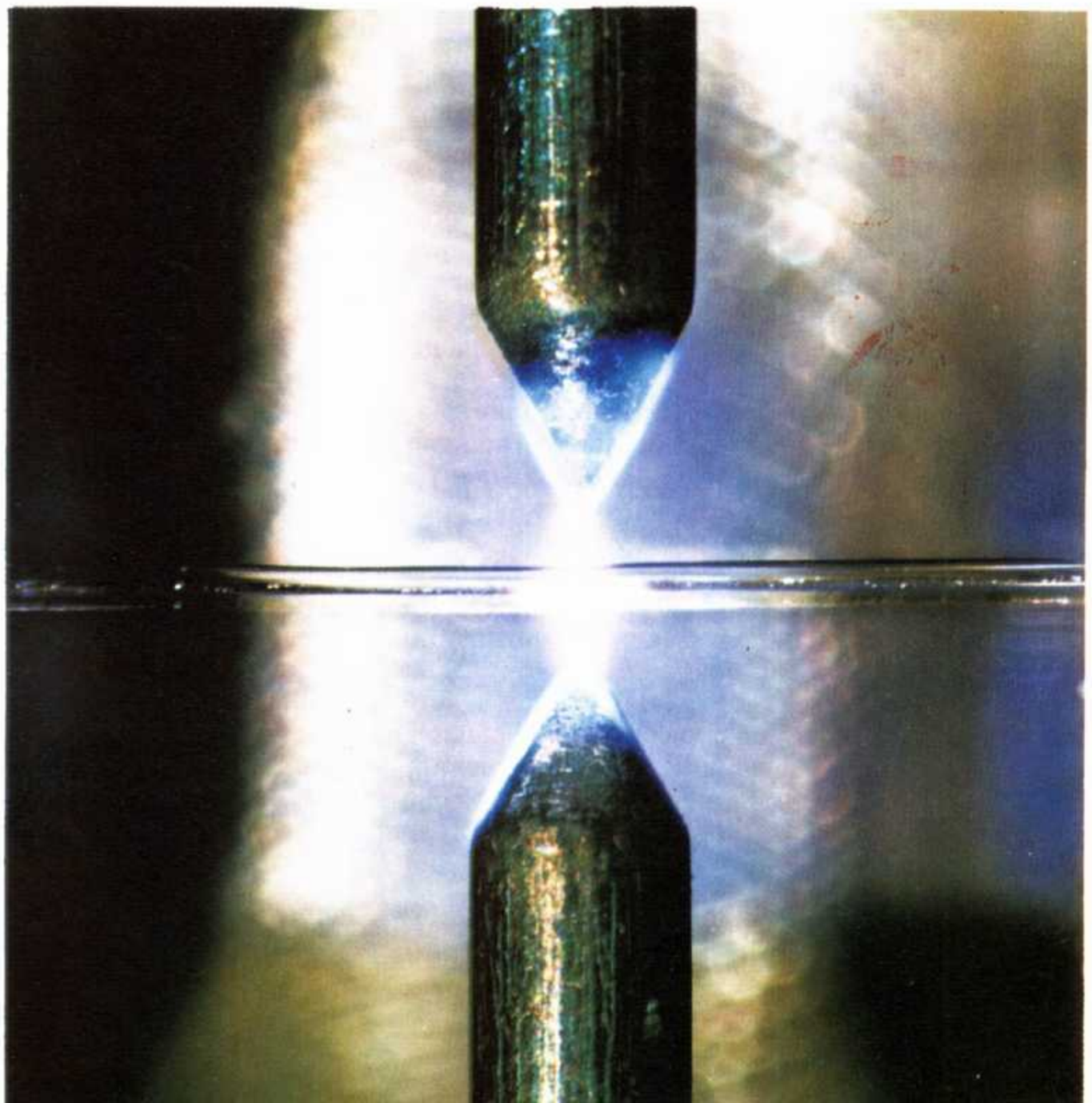


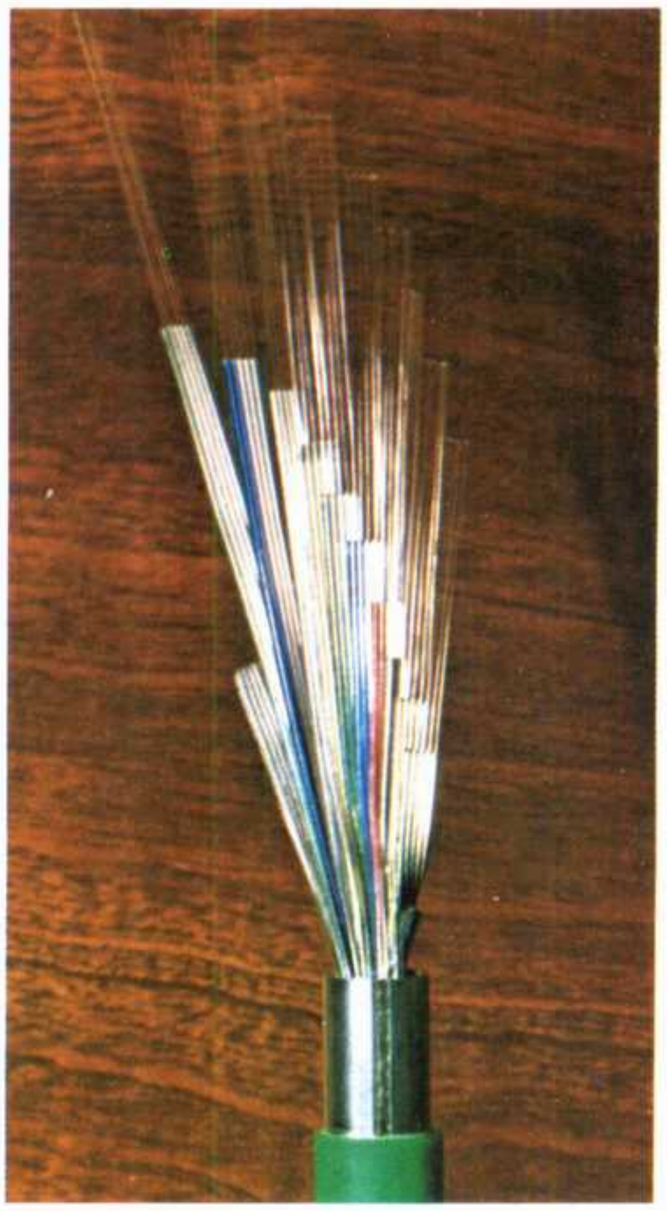
2. La fabricación de las fibras

■ La mayoría de las fibras ópticas de pequeña atenuación se fabrican en dos etapas: se hace un desbastado o preformado y después se estira la fibra. El preformado es un tubo cilíndrico de sílice (SiO_2) de un diámetro aproximado de 0,5 a 1 cm. En este tubo se deposita, en el interior o en el exterior, un dopante elegido adecuadamente (A) para obtener la variación deseada del índice de refracción entre el corazón y la periferia. El estirado de la fibra se hace en una segunda etapa. Bajo la acción de un tornillo empujador, el tubo avanza hacia un horno en el que la extremidad se funde y fluye. La primera gota la recoge el operario y la aplica sobre el tambor giratorio. En el momento en que el motor arranca, la fibra se enrolla y su perfil de índices es la reproducción en miniatura exacta del desbastado. Un buen control de este perfil permite minimizar el efecto de la dispersión de la luz a lo largo de su propagación por la fibra. Por otra parte, para obtener una atenuación reducida es preciso eliminar las trazas de impurezas, aunque en general subsisten algunos radicales OH^-, y se está obligado a emplear las fibras a frecuencias diferentes de sus frecuencias de vibración. De ahí las tres «ventanas» de propagación de las fibras ópticas: 0,85, 1,3 y 1,55 micras de longitud de onda.

Figura 5. **La conexión de las fibras ópticas presenta un problema de alineamiento que no existe en el caso de los hilos eléctricos. Los alineamientos de algunas micras pueden asegurarse mediante los conectores** (A) **a condición de tener mucho cuidado con el posicionamiento del corazón de la fibra. Al efecto se analiza la luz que sale de la fibra durante toda la duración de la operación de conexión. Para las conexiones permanentes, y una vez correctamente alineadas las fibras, se tiene el recurso del empalme** (B)**. Esta operación consiste en soldar las dos fibras fundiendo sus extremos por calentamiento con arco eléctrico.** (Fotos Thomson-CSF, A: T-Scart; B: M. Mathieu.)

Figura 6. **Abajo a la derecha: la Compagnie Lyonnaise de transmisiones ópticas está desarrollando un cable óptico terrestre de gran densidad que comprende 50 fibras en un diámetro exterior de 13 mm.**





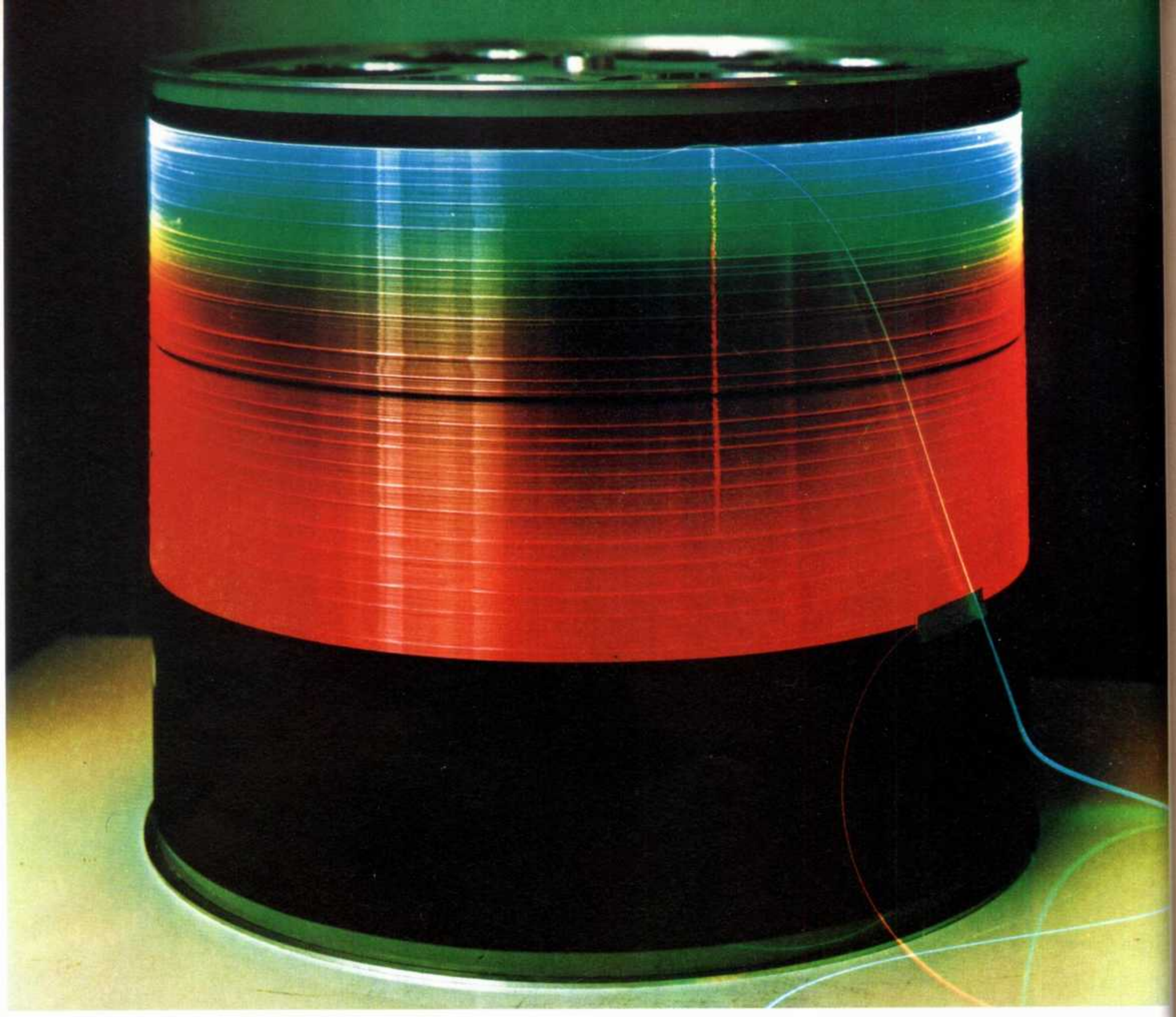


Figura 7. **Los fabricantes industriales de fibras ópticas las sirven al mercado en forma de bobinas de varios kilómetros.** (Foto Michel Mathieu. Thomson-CSF.)

tecnología más compleja, que emplea un semiconductor de cuatro componentes (galio, indio, arsénico y fósforo). Con todo, señalemos que en Sacramento, California, ya ha funcionado un sistema experimental a 1,3 μm, y que las sociedades norteamericanas y japonesas prevén su comercialización antes de fin de año. Los sistemas de 1,55 μm vendrán más adelante.

Dominar los espejismos

Sin embargo, resolver el problema de la atenuación no era suficiente. Quedaba el de la dispersión, fenómeno que limita la cantidad de las informaciones que pueden transmitirse. Efectivamente, la codificación de la información, necesaria para su calidad, se realiza modulando la intensidad luminosa mediante impulsos sucesivos. Ahora bien, estos impulsos se amplían poco a poco en el transcurso de la propagación. Si se desea propagar impulsos a lo largo de una distancia dada y a una determinada frecuencia, es necesario que su ampliación sea suficientemente reducida para que no se solapen.

Esta ampliación se debe a la *dispersión*, es decir, a la propiedad que tiene la luz de propagarse en una fibra a velocidades diferentes en función de la frecuencia. Y la dispersión tiene dos causas principales: la primera va ligada al hecho de que la luz que compone la señal comprende una cierta distribución de frecuencias (se dice que la señal tiene un cierto espectro) y que, por tanto, no es puramente monocromática. El impulso, que en el origen está formado por una cierta superposición de estas frecuencias, se amplía porque los diferentes componentes de frecuencia se distancian a lo largo de su propagación. Para una fibra de sílice, con las fuentes laser actuales que funcionan en el infrarrojo a 0,85 micras, el límite que se crea para este fenómeno (llamado «ampliación espectral») es muy elevado, del orden de 20 Gigabites/km (un bit es la unidad de información, o sea «cero» o «uno»). Se tendrá una idea del valor de este límite, tan elevado que en realidad no lo es, sabiendo que para codificar una conversación telefónica es preciso encender y apagar el haz luminoso aproximadamente 64 000 veces por segundo (64 kilobites/s). Por tanto, incluso con la ampliación espectral, no pueden propagarse más de 300 000 conversaciones telefónicas a la vez en una fibra de un kilómetro. Prestación que resultaría suficiente en la mayoría de casos.

Lamentablemente, hay un segundo tipo de ampliación que crea limitaciones bastante más restrictivas. Para comprender este fenómeno no es preciso discutir los detalles geométricos de las fibras ópticas y distinguir tres tipos de fibras: monomodo, multimodo de salto de índice y multimodo de gradiente de índice (fig. 8). Cada tipo de fibra corresponde a un tipo de variación del índice de refracción desde el llamado corazón hasta la periferia. Puede demostrarse que a cada uno de estos tipos corresponden resonancias específicas de la luz y *modos propios* de propagación.

Una fibra monomodo recibe su nombre del hecho de que la luz sólo puede propagarse por ella de una sola forma: de una parte, el diámetro del corazón sólo es de algunas micras, es decir, de unas pocas longitudes de onda de la luz; de la otra, el salto del índice de refracción entre este corazón y el resto está limitado a un pequeño porcentaje. En estas condiciones, la luz sólo dispone de una trayectoria posible: directamente por el centro. La única dispersión que entra en juego es la que ya se ha indicado anteriormente, la ampliación espectral, y estas fibras serían las ideales si no tuviesen unos tremendos problemas de conexión (fig. 5): en efecto, en todos estos sistemas deben poderse conectar las fibras entre sí o bien a los emisores o receptores. Ahora bien, en el estado actual de la tecnología industrial, las fibras monomodo tienen un corazón tan pequeño que, a escala industrial, no es posible ajustar su posición con suficiente precisión. En consecuencia, en cada conexión se pierden

algunos decibelios, y, por tanto, esto no es tolerable.

Si se ensancha el corazón, la luz puede propagarse de otro modo: las trayectorias pueden ser más o menos inclinadas con respecto al eje de la fibra y reflejarse más o menos frecuentemente en los bordes, como sucede, en particular en una fibra multimodo de salto de índice. Si el perfil de variación del índice de refracción es constante en un corazón cuyo diámetro es de unos 100 μm, y después salta bruscamente a un valor inferior, constante a su vez en el resto de la fibra, pueden formarse miles de modos diferentes, cada uno caracterizado por una determinada inclinación con respecto al eje. El problema, en estas condiciones, es que a todos estos modos corresponde un camino óptico diferente y, por tanto, una diferente velocidad efectiva de la luz a lo largo del eje.

Como la energía asociada a un impulso único está distribuida en los diferentes modos, se produce una dispersión del tiempo de llegada y, por tanto, una ampliación del impulso que se denomina ampliación modal. En las fibras multimodo, las restricciones que se aplican al flujo de los datos provienen en general de este factor de dispersión y, en el caso de las fibras multimodo de salto de índice, esta restricción es bastante severa.

Con un salto de índice del orden del 1 por ciento, la cantidad de datos queda limitada a aproximadamente 20 Megabites/km, o sea una reducción de un factor de 1 000 con respecto a una fibra monomodo. Por esto, la utilización de fibras de salto de índice obliga a una elección entre fibras de gran capacidad (monomodo), pero que presentan difíciles problemas de acoplamiento, y fibras fáciles de conectar (multimodo, de un diámetro de corazón de 100 μm), pero de capacidad bastante más reducida debido a la dispersión modal.

Afortunadamente, un grupo de investigadores japoneses de Nippon Sheet Glass y de Nippon Electric dirigido por T. Uchida dieron en 1972 con una solución bastante satisfactoria: puede construirse una fibra multimodo cuyo índice varía continuamente (y no por saltos), de manera que los diferentes rayos luminosos en sus distintas trayectorias tengan de hecho los mismos tiempos de propagación, es decir, que la dispersión modal sea casi nula.[4,5] Los rayos ya no se reflejan en las paredes del corazón de la fibra, sino que son «curvados» progresivamente al atravesar zonas cuyo índice varía lentamente. Conocido es, sin duda, que se produce el mismo fenómeno en las carreteras calientes en verano: el índice del aire disminuye cuando aumenta la temperatura, lo que curva los rayos luminosos procedentes del cielo. Así, en la carretera se «ve» el cielo como si se reflejase su imagen. Son los célebres espejismos. Naturalmente, las trayectorias se mantienen diferentes, pero como el índice se va haciendo más reducido a medida que se separa del centro, la luz se desplaza más rápidamente en las regiones curvas; y si el perfil se elige bien, puede obtenerse una velocidad media única a lo largo del eje sea cual sea el modo.

Esto significa que, en teoría, en una fibra de índice lentamente variable puede anularse la dispersión modal. Estas fibras, llamadas también de «gradiente de índice», son las que se emplean en la mayor parte de los sistemas comercializados en la actualidad, ya que, por el momento, los problemas de acoplamiento de las fibras monomodo aún no han sido resueltos. Sin embargo, es cierto que las fibras monomodo representan el futuro, pues conducen a dispersiones prácticamente nulas en las mejores ventanas de propagación —1,3 a 1,55 μm. En otras palabras, su capacidad es inmensa.

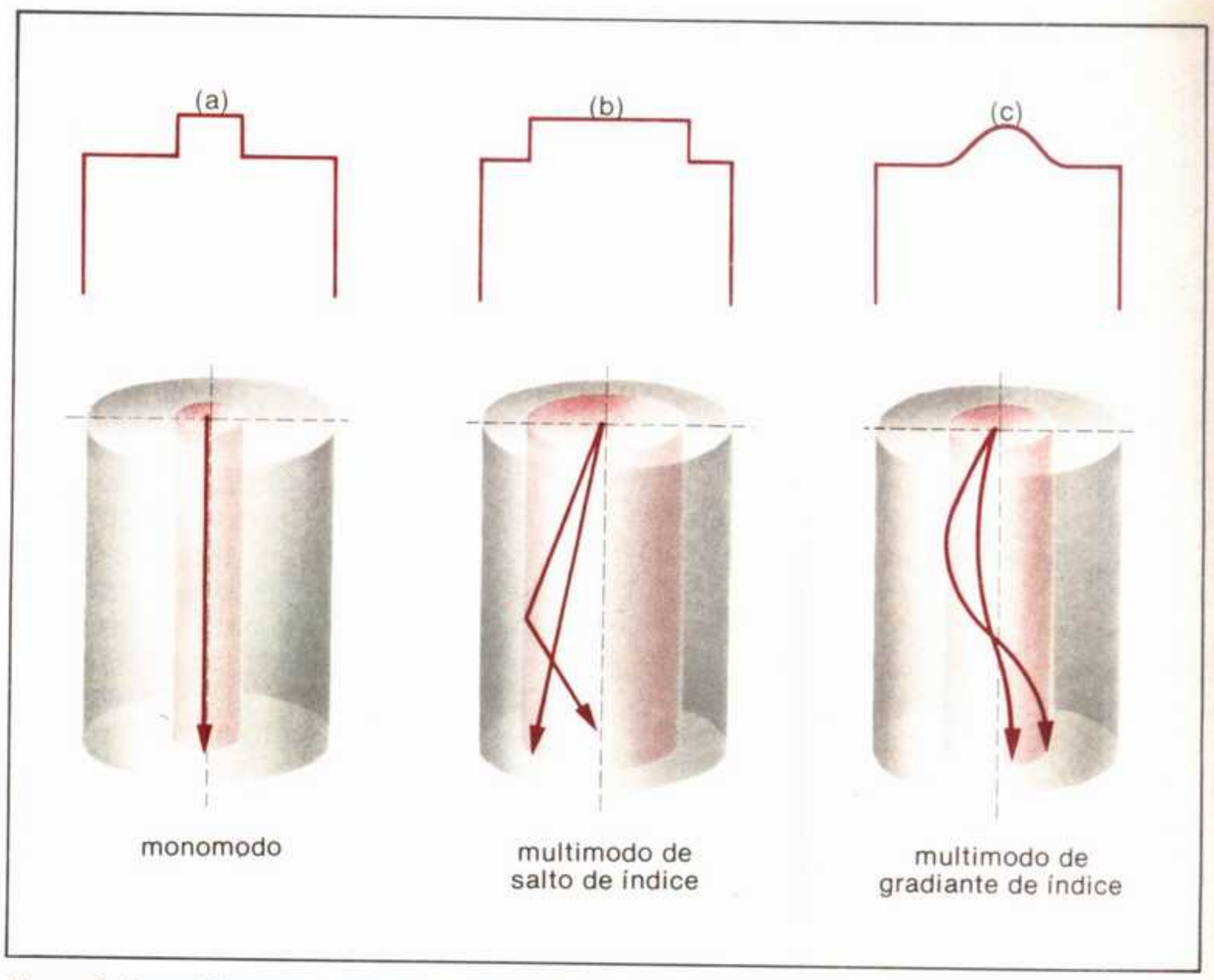


Figura 8. **Esencialmente existen tres tipos de fibras ópticas: monomodo, multimodo de salto de índice y multimodo de gradiente de índice. A cada una corresponden un perfil y una variación del índice de refracción del corazón a la periferia diferentes** (a). **De ello se deduce que las trayectorias de la luz no tendrán el mismo comportamiento en las tres fibras** (b). **En una fibra monomodo, la luz sólo puede propagarse de una manera, de tan fino que es el corazón: hacia delante por el centro; y aunque la dispersión es mínima, plantea graves problemas de conexión. Si el corazón engrosa, la luz puede propagarse según otros modos; típicamente, en una fibra multimodo de salto de índice pueden propagarse en millares de modos, pero ninguno de ellos llega al final en el mismo instante y surge entonces un nuevo problema: la dispersión modal. Para anular los efectos de esta dispersión y facilitar las conexiones se ha desarrollado un tercer tipo de fibra en la que el índice varía continuamente, de manera que las trayectorias curvas sean descritas por la luz en el mismo tiempo que la trayectoria rectilínea del centro** (c). **Aunque sólo resulta inferior desde el punto de vista de capacidad de información, las fibras monomodo son más interesantes.**

01100010...

Acabamos de examinar, uno por uno, los diferentes elementos que componen la cadena de las telecomunicaciones ópticas. Nos queda por examinar cómo se transmiten en la práctica series de 0 y de 1 sin errores prohibitivos (cuadro 1). Por tanto, recapitulemos: la señal se inyecta en una fibra óptica y después se transmite a una cierta distancia. En el curso de esta transmisión se deforma debido a la atenuación y a la dispersión. Finalmente llega, más o menos limpia, a un fotodiodo y un amplificador, donde se superpone a la misma un cierto ruido aleatorio procedente de la electrónica, y después pasa a un comparador que debe decidir si cada resto de impulso corresponde a un 1 o a un 0.

Para un sistema determinado puede calcularse la probabilidad de error por bit transmitido. Para tener menos de un error por 100 Megabites, criterio a menudo empleado en los sistemas de transmisión, es necesario que la fotocorriente (por ejemplo, la señal) sea aproximadamente doce veces mayor

(4) T. Uchida, M. Furakawa, I. Kitano, K. Kazumi y H. Matsumura, «A light-focusing fiber guide», *IEE Journal of Quantum Electronics, QE 5,* 331, 1969.
(5) F.P. Kapron, D.B. Keck y R.D. Maurer, «Radiation losses in glass optical waveguides», *Appl. Phys. Lett., 17,* 423, 1970.

¿Destronarán los cables ópticos a los hilos metálicos?

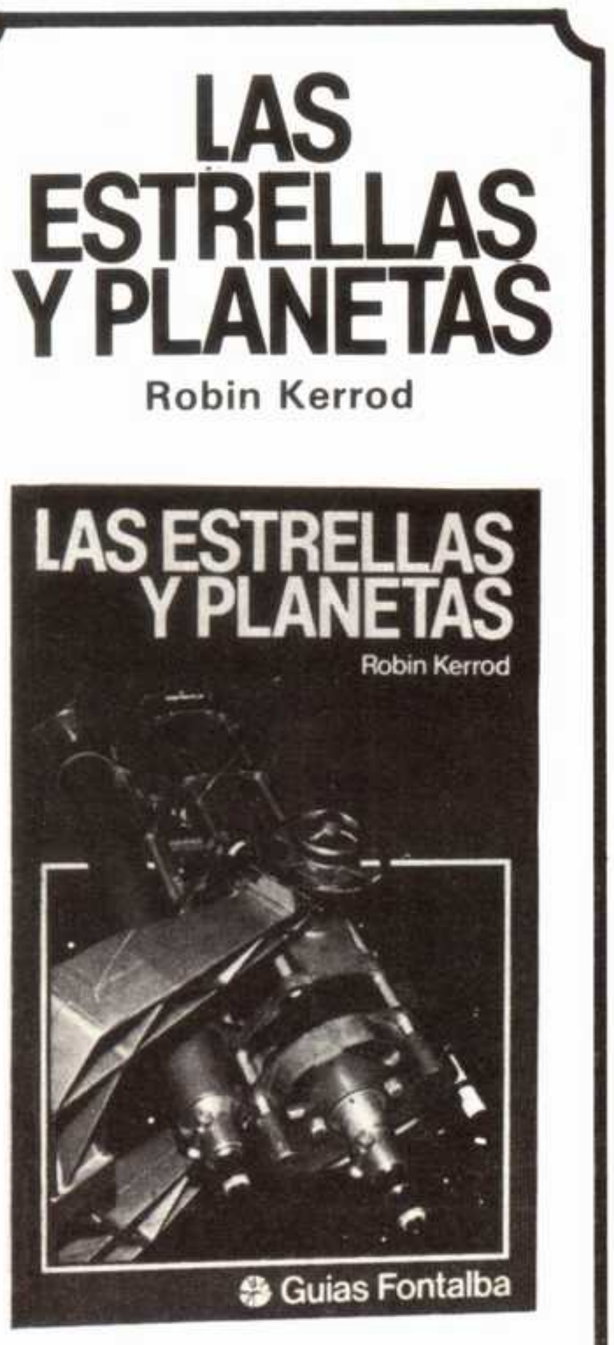
que el rûido que genera. Para un fotodetector típico, ello corresponde a una potencia luminosa de algunos milivatios, número que fija la potencia emitida en función de la atenuación en la fibra. Consideremos, por ejemplo, dos casos: el de un laser capaz de inyectar 4 milivatios en una fibra y el de un LED de 100 microvatios. El laser inyecta 1 000 veces la potencia mínima que hay que detectar y, por tanto, permite 30 dB de atenuación; el diodo sólo emite 25 veces dicha potencia (14 dB). En consecuencia, si las pérdidas por transmisión son de 4 dB por kilómetro y las pérdidas debidas a los acoplamientos son de 2 B, un sistema sin repetidor que emplease un LED tendría una longitud límite de 3 km. Con un laser podría llegarse hasta 7 km. Por tanto, para distancias mayores, se está obligado a utilizar repetidores intermedios que detectan y que vuelven a conformar y emitir la señal, compensando así atenuación y deformación.

Naturalmente, deben tenerse presentes los límites que también impone la dispersión: típicamente son de 100 Megabites/km para los LED y de 1 Gigabit/km para los laseres, con fibras multimodo de gradiente de índice. Por tanto, los LED se emplean generalmente para flujos relativamente reducidos, y los laseres sólo cuando resultan indispensables, o sea, más allá de 100 Megabites/segundo.

Tal como hemos indicado, en la actualidad estos sistemas ya se comercializan en todo el mundo. Gracias a ellos puede soñarse con una comunicación creciente, de mejor calidad y sin un volumen suplementario. También podría pensarse que habiendo resuelto recientemente todos los problemas fundamentales, en lo sucesivo los investigadores se desinteresarán del asunto. Nada de eso: hay dos categorías de investigadores que, con pasión cierta, intentan actualmente abrir la tercera ventana de transmisión (de 1,55 μm) en las fibras ópticas. Unos tratan de ganar aun un factor de dos sobre la atenuación. Los otros, físicos del estado sólido, esperan poder propagar en esta longitud de onda uno de los fenómenos más de moda en la física actual, los solitones (*La Recherche,* n.º 129, p. 86, enero 1982). Parece ser que ya se ha logrado, pues L.F. Molnauer[6] de Bell Laboratories acaba de demostrar que empleando láseres de centros coloreados que producen algunos vatios en 1,55 μm, dichos solitones podrán propagarse en las fibras. Sin duda, su utilización podría evitar al mismo tiempo problemas de atenuación y de dispersión. Pero en el medio de las telecomunicaciones ópticas, nadie cree en los solitones en un futuro próximo. Prefieren dedicar sus esfuerzos a acelerar la mejora de las prestaciones empleando fibras monomodo y los circuitos ópticos integrados (*La Recherche,* n.º 59, p. 740, sept. 1975) y a la reducción de costes, para que la televisión, el teléfono y otros servicios lleguen a los hogares por fibras ópticas. Ésta es una de las claves del desarrollo de la telemática doméstica, de la que Antiope y Télétel son las primicias en Francia (*Mundo Científico,* n.º 10, p. 88, 1982).

El esfuerzo de investigación concitado por las telecomunicaciones ópticas moviliza a varios millares de investigadores en todo el mundo. Sus repercusiones sobrepasan ampliamente el cuadro de la industria de las comunicaciones; las «pastillas» laser interesan al mundo de la óptica, y las fibras abren nuevos horizontes a las aplicaciones aeroespaciales y militares. La industria francesa, representada por Thomson CSF, Électronique Marcel Dassault, SFENA, Aérospatiale, CGE, Saint-Gobain, LEP, SAT, etc., está muy activa en este campo. En estos laboratorios se estudia la posibilidad de encauzar los datos por vía óptica hasta un satélite, un buque, un submarino o un Mirage. Los trabajos de la época heroica de las telecomunicaciones (1970-1980) dan hoy sus frutos. Por una parte, las fibras ópticas han abierto una brecha en las redes de comunicaciones; por la otra, las consecuencias tecnológicas se hacen sentir en los campos de la industria y de la investigación, y el progreso nos encamina hacia una era tecnológica en la que el fotón será tan importante como el electrón. ■

(6) L.F. Mollenauer, R.H. Stolen y J.P. Gordon, *Phys. Rev. Lett., 45,* 1095, 1980.



El libro que presentamos al lector es un compendio rigurosamente científico y documentado del estado actual de los conocimientos astronómicos y astrofísicos. Las modernas hipótesis sobre el origen y evolución del Universo, el estudio de las estrellas, las nebulosas y las galaxias, así como un examen detallado de nuestro Sistema Solar, completan la temática de esta guía, escrita con un lenguaje sencillo y acompañada de esquemas y diagramas que sirven de contrapunto para su mejor comprensión.

Formato: 13,5 × 20 cm
Páginas: 128 en cartoné
Fotografías e ilustraciones a todo color

P.V.P.: 725 pts.

Pidalo a su librero o contrarreembolso a:

Editorial Fontalba, s.a.

VALENCIA, 359 - 6.º 1.ª
BARCELONA-9 (ESPAÑA)

Para más información:

■ A. Cozannet, J. Fleuret, H. Maitre y M. Rousseau, *Optique et télécommunications,* Eyrolles, 1980.

■ S.E. Miller y A.G. Chynoweth (eds.), *Optical fiber telecommunications,* Academic Press, 1979.

■ D.B. Ostrowsky (ed.), *Fiber and integrated optics,* Plenum Press, 1979.

Ciencia y política

Carmina Virgili
Catedrática de Estratigrafía y Geología Histórica de la Universidad Complutense de Madrid. Pertenece al Grupo de Ciencia y Tecnología del PSOE.

Coloquio nacional sobre investigación y tecnología

por Carmina Virgili

El gobierno socialista en Francia y su política científica

■ En los últimos meses del año 1981 y comienzos de 1982, la comunidad científica francesa, o por lo menos una parte muy importante de ella, ha vivido una intensa actividad de reflexión y discusión que ha culminado en el Coloquio Nacional sobre Investigación y Tecnología que tuvo lugar los días 13, 14, 15 y 16 de enero en el Palacio de Congresos de París.

En realidad este proceso se había iniciado con la subida al poder del gobierno socialista. En el discurso que Mitterrand pronunció el 22 de abril en el Palacio de Luxemburgo manifiesta la voluntad de hacer de Francia una de las primeras potencias tecnológicas del mundo. Expresó también la idea clave del coloquio de enero: *el desarrollo científico y tecnológico es el principal motor para superar la crisis económica.* Esto justifica la creación del Ministerio de Investigación y Tecnología que coordine e impulse todos los esfuerzos que se realicen, así como el importante aumento de los recursos económicos dedicados a estos fines. Así, de apenas el 1,8 % del PNB de 1981 se pasa al 2 % en 1982, con el compromiso de alcanzar el 2,5 % en 1985. En su discurso, Mitterrand hace una llamada a la responsabilidad profesional de los investigadores, pidiéndoles que recobren su confianza en el país y en ellos mismos y que participen en el relanzamiento científico de Francia.

Como uno de los medios privilegiados de conseguir esta participación, el 1 de julio de 1981 el Ministro de Investigación y Tecnología, J.P. Chevènement, anuncia la organización del Coloquio Nacional de Investigación y Tecnología. Las conclusiones que surjan del mismo servirán para establecer las bases del «Proyecto de Ley de Orientación y Programación para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico de Francia».

No parece fácil organizar una consulta en la que se pretende implicar no sólo a la comunidad científica del país sino a cuantos de un modo u otro participan en el desarrollo de la ciencia y sus aplicaciones. Para ello se constituye un comité de expertos bajo la dirección de François Gross, Director del Instituto Pasteur (cargo que dejará para dedicarse plenamente al Coloquio y al Ministerio), y en el que participan más de doscientas personas, entre las que destacan por su significado y actividad Pierre Papon y Philippe Lazar.

Este Comité crea una infraestructura descentralizada en forma de Jornadas regionales que deben desarrollarse a través de todos los territorios de Francia y ultramar. Como base de trabajo para las mismas, unos ponentes preparan unos esquemas de los temas o áreas por estudiar, a fin de dar a las Jornadas Regionales la coherencia necesaria para que sea posible una posterior conjunción de los trabajos.

Esta estructura es presentada a primeros de setiembre a todos los centros de investigación, y a partir de este momento comienza una dinámica que culmina en el Coloquio de París.

Las Jornadas Regionales

Treinta y una en total se sucedieron a lo largo de los meses de octubre y noviembre en universidades y otros centros de investigación, con un número de participantes variable, pero siempre importante. Se han dado cifras de 30 000 a 40 000 personas como el total de los que de una manera u otra colaboraron en sus tareas. Profesores universitarios, investigadores de empresas públicas y privadas, cuadros de industria, estudiantes superiores, y sobre todo sindicalistas, se reunieron para debatir los seis temas que el Comité Ejecutivo Nacional había seleccionado:

1.— Investigación, tecnología y sociedad.

2.— Los grandes equilibrios y las áreas clave.

3.— La investigación científica y el desarrollo tecnológico como factor para salir de la crisis.

4.— Los hombres (formación y empleo), las instituciones y la dimensión regional.

5.— Ciencia, tecnología y decisiones. Investigación y Comunicación.

6.— Proyectos por realizar.

Paralelamente a estos trabajos se desarrolló una serie de encuestas y debates a través de centros de enseñanza superior y de investigación, empresas públicas y privadas, agrupaciones sindicales y profesionales, academias y sociedades científicas, etc...

También se organizaron jornadas de estudios sectoriales a lo largo de las cuales se debatieron cuestiones más técnicas, como «la informática» o «la farmacología», o problemas específicos como «relaciones entre el arte y la ciencia»...

Así, fueron elaboradas unas conclusiones y se generó una gran cantidad de documentación e información, que el Comité Ejecutivo estructuró con miras a elaborar los «Informes Introductorios de las Comisiones de Trabajo», que constituye un volumen de casi 500 páginas destinadas a servir de base de la discusión en las Jornadas Nacionales.

Sin duda, lo más impresionante del proceso francés es no sólo haber conseguido movilizar a la comunidad científica, sino también la extraordinaria tarea realizada por los miembros del comité de organización, los ponentes y sus colaboradores. En un tiempo relativamente corto, han sido capaces de sintetizar una enorme cantidad de datos y opiniones en unos informes completos y profundos, y sobre todo claros y coherentes, a pesar de que a veces debían presentar posiciones diversas.

A partir de este trabajo se creyó conveniente restructurar los temas del Coloquio en once (o más exactamente en doce, ya que el primero estaba dividido en dos partes). Quizá la crítica más importante que podría hacerse a esta distribución de temas es que, como se comprobó al presentar los informes finales, en su definición había superposiciones y solapamientos, con lo cual los ponentes se revelaron algo reiterativos en el Coloquio Nacional. Con todo, ello sirvió para resaltar más fácilmente los conceptos y propuestas de mayor consenso.

Es a partir de esta etapa previa como puede comprenderse y valorarse el significado del coloquio del mes de enero.

Al mismo tiempo, y en palabras del ministro J.P. Chevènement en el Consejo de Ministros del día 6 de enero «los principales elementos de convergencia que se derivan de los trabajos preliminares del Coloquio y especialmente de las 31 Jornadas regionales sirven de trama al Proyecto de Ley de Orientación para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico de Francia, y de los textos reglamentarios que la complementarán».

El Coloquio Nacional

La inauguración del coloquio del día 13 de enero por la tarde congregó a unas tres mil personas, que abarrotaron la gran sala del Palacio de Congresos de París. Se desarrolló bajo la presidencia del presidente de la República, los presidentes del Senado y de la

J. P. Chevenement y F. Mitterand en el acto inaugural del coloquio, al fondo F. Gross después de su discurso. (Foto Gerber/Sepia.)

Asamblea Nacional y los ministros J.P. Chevènement, M. Rochard y M. Jobert, y del presidente del Coloquio, F. Gross.

En los discursos de J.P. Chevènement, F. Gross y F. Mitterrand se puso de manifiesto una vez más la voluntad del Gobierno de dar la máxima prioridad a la investigación y al desarrollo tecnológico en el convencimiento de que son el principal motor para salir de la crisis económica y también de que sólo la ciencia puesta al servicio del hombre es capaz de crear un nuevo modelo de cultura y sociedad.

J.P. Chevènement, que inauguró la sesión, insistió en la voluntad de diálogo que representaba el Coloquio, no sólo dentro de la comunidad científica sino, sobre todo, entre ésta y la sociedad, y en la necesidad de conseguir una íntima inserción de la investigación y la tecnología en la cultura y en las opciones de desarrollo.

F. Gross habló de la preparación del coloquio resaltando lo que había representado de intercambio de opiniones y de circulación de información. Según dijo: «el futuro nos dirá si la idea de este Coloquio fue o no una iniciativa feliz, pero quedará como un hecho indiscutible la amplitud de la consulta realizada y el entusiasmo y la seriedad de las respuestas obtenidas».

François Mitterrand afirmó una vez más la voluntad política del Gobierno de apoyar la tarea emprendida, ya que «para dominar el futuro es preciso valorizar resuelta y lúcidamente nuestra principal riqueza: la reserva de dinamismo y de independencia que constituye una comunidad científica altamente motivada y de gran calidad».

Estos actos tuvieron considerable impacto en la prensa, que reprodujo y comentó ampliamente los discursos pronunciados y valoró muy positivamente la presencia del público y de personalidades políticas y sindicales, de invitados extranjeros y científicos presentes en el acto inaugural. Hubo, evidentemente, excepciones a esta actitud, principalmente entre la prensa más afín a la ideología de la oposición. Así *Le Figaro* dominical (16 enero 1982) publicó un artículo con el título «El Socialismo y la Ciencia no han tenido nunca buenas relaciones» en el que, a pesar de reconocer que «M. Chevènement no es un adversario de la ciencia, como la mayor parte de los hombres de izquierda» se cree obligado a recordar los *affaires* Lyssenko y Morrisson.

Las sesiones de trabajo y sus conclusiones

Entretanto, en el Palacio de Congresos, casi mil quinientas personas proseguían las tareas del Coloquio. El mismo día 13, al terminar la sesión inaugural, se constituyeron las comisiones de trabajo para estudiar las «ponencias introductorias». Fueron once en un principio, que se subdividieron posteriormente según las necesidades del trabajo y del número de inscritos en cada una de ellas, que se intentó no superaran el centenar.

El trabajo de las ponencias se desarrolló durante todo el día 14 y el día 15 por la mañana y permitió la elaboración de unas ponencias definitivas, que no diferían demasiado de las «introductorias» pero matizaban, ampliaban o resaltaban algunos de los conceptos y conclusiones.

La redacción definitiva de estas ponencias exigirá varias semanas al Comité de Organización y ponentes; luego serán facilitadas a todos los participantes inscritos en el Coloquio y, naturalmente, también al gobierno francés.

Terminado el trabajo de las ponencias, comenzaron las Sesiones Generales, cuatro en total, a lo largo de las cuales los ponentes presentaron un resumen de sus trabajos. No es posible comentar con un mínimo detalle la exposición de cada uno de ellos, pero parece indispensable resaltar algunas de las conclusiones más importantes.

La Comisión número 1 se subdividió en dos. Una dedicada al *Aporte cultural de la investigación científica y tecnológica* y otro a la *Investigación en ciencias humanas y sociales.* Las ideas claves de la ponencia, en las que se insistiría en las siguientes Comisiones, fueron: la revalorización de las ciencias humanas y sociales, la ciencia como factor cultural, y la investigación al servicio de las demandas sociales.

En la Comisión número 2, sobre la *Responsabilidad social del científico* se insistió en la necesidad de aumentar la democratización y transparencia del aparato investigador y de cómo la regionalización de las decisiones es la mejor forma de conseguirlo. Se aprobó una declaración sobre la situación polaca y se tomó el acuerdo de invitar a Francia a cinco científicos polacos en signo de solidaridad.

En la Comisión número 3: *Los grandes equilibrios y las áreas clave* se expuso la necesidad de potenciar las ciencias fundamentales no finalizadas y también las ciencias minoritarias sin aparente utilización inmediata. Se valoró positivamente el que en Francia existan diversos organismos dedicados a la investigación, pero se insistió en la necesidad de favorecer la coordinación y comunicación entre ellos, especialmente mediante la movilidad de los investigadores.

En la Comisión número 4: *Investigación, tecnología y nuevos modelos de desarrollo* se insistió en la necesidad de regionalizar las estructuras de la investigación potenciando las especificidades regionales, al mismo tiempo que la solidaridad nacional. Coincidiendo con lo que manifestaron los representantes sindicales, se analizó la oposición que

erróneamente se supone existe entre la rentabilidad de la empresa y la mejora de las condiciones de trabajo, y cómo sólo el aporte de la experiencia de los trabajadores al desarrollo tecnológico permitirá superar este error.

En la Comisión número 5: *Investigación, tecnología e industria* se valoró muy positivamente el diálogo entre investigadores e industriales que había representado el coloquio. Se insistió en la necesidad de potenciar la investigación industrial con las oportunas medidas fiscales y concesión de créditos. Dado que el 50 % de la investigación industrial se realiza en las grandes empresas, el programa de nacionalización previsto por el Gobierno proporciona unas condiciones óptimas para potenciarla y planificarla.

En la Comisión número 6, dedicada al *problema internacional* se explicó cómo la dependencia tecnológica que actualmente sufre Francia representa una dependencia política y económica y una «importación de paro». También se analizó el apoyo a los países del tercer mundo y las características que debe reunir para no aumentar su dependencia y conseguir que alcancen un desarrollo endógeno.

La Comisión número 7: *Los Hombres, la formación y el empleo* puso de manifiesto el problema que representa para Francia el que la edad media de los investigadores sea de unos 40 años, con lo que en el año 2000 se producirá un considerable número de jubilaciones. Una política de creación de puestos de trabajo para investigadores y técnicos a un ritmo mínimo anual del 4,5 % es por ello absolutamente indispensable. No sólo hay deficiencias en la cantidad sino también en la calidad de los investigadores, y esto exige una política de becas y una mejora en la enseñanza. El estudio de la situación y el estatuto de los investigadores ocupó una parte importante de la ponencia; al igual que la necesidad de definirlo adecuadamente, de reconocer su especificidad y de asegurar la estabilidad de los investigadores, al mismo tiempo que se les permite la máxima movilidad entre la empresa pública y privada, entre la enseñanza y la investigación.

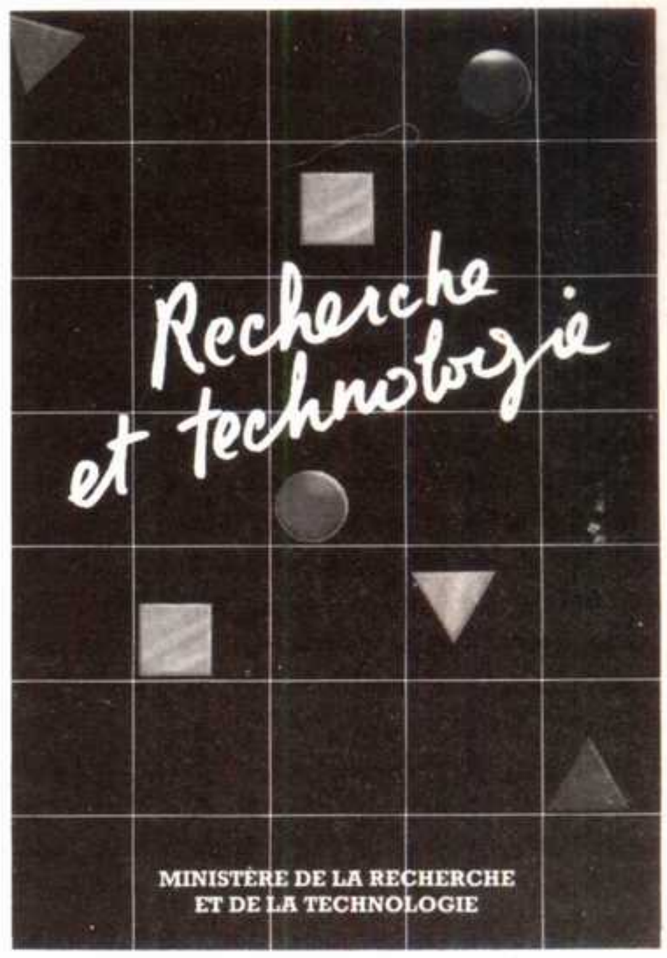
En la Comisión número 8, dedicada a las *Instituciones y a la dimensión regional* se insistió una vez más en la importancia de la regionalización, ya que la Región es el lugar privilegiado de la expresión de las necesidades de la comunidad, es decir, de la creación de los proyectos, aunque no lo sea de su evaluación. Los Consejos Regionales de Ciencia y Tecnología y los Delegados del Ministerio en las Regiones son una de las muchas formas de iniciar esta regionalización.

En la Comisión número 9, que llevaba por título: *Ciencia, tecnología y decisiones* se indicó que en la toma de decisiones deben intervenir: los investigadores, la empresa y las regiones, insistiendo una vez más en la necesidad de transparencia y democracia. El conciliar la libertad de investigación y la planificación sólo es posible mediante la negociación y el diálogo.

En la Comisión número 10, sobre *Investigación y Comunicación,* se estudió tanto el derecho de todos los trabajadores (científicos o no) a la información como la necesidad de potenciar los servicios de documentación y el intercambio de información entre los centros de investigación y las empresas.

Es importante resaltar la declaración sobre la necesidad de potenciar el francés como lengua científica, ya que sólo si el investigador usa el mismo lenguaje que la sociedad es realmente posible una comunicación entre ambos.

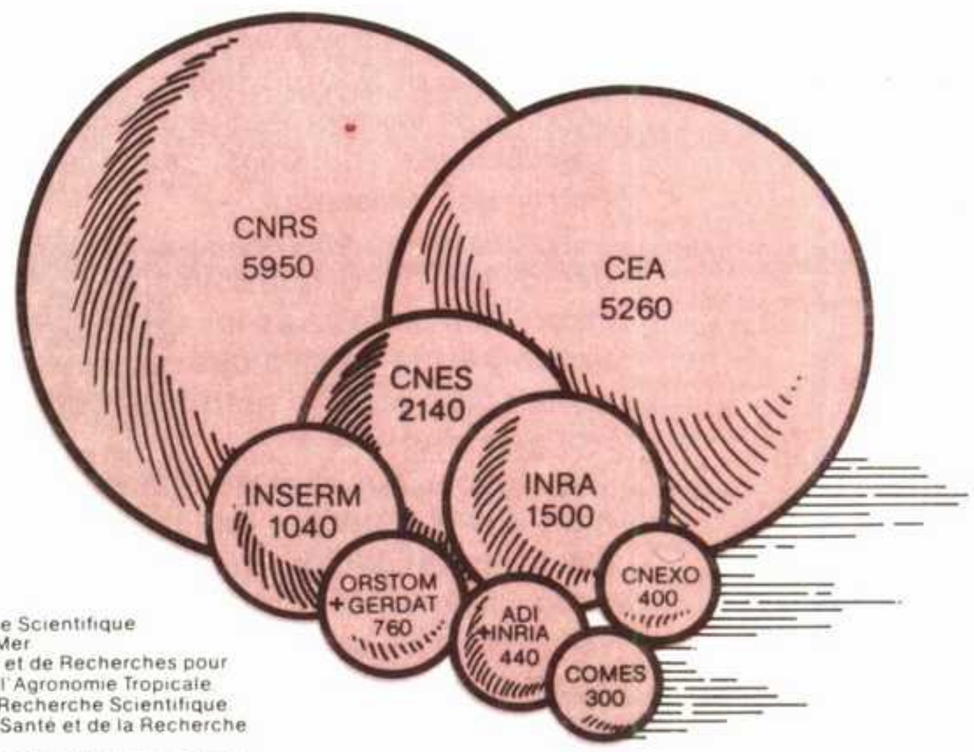
La Comisión número 11: *Los proyectos por realizar* constituyó en realidad la síntesis de todos los anteriores, al enunciar los cambios fundamentales que debía emprenderse. Potenciar, reorganizar y regionalizar la investigación del sector público. Potenciar la investigación básica. Mejorar la situación de los investigadores jóvenes, con becas y nuevos puestos de trabajo. Formación continua para investigadores y técnicos. Mejorar la situación de los investigadores asegurando su estabilidad y favoreciendo su movilidad. Potenciar la investigación en la empresa pública y privada con las necesarias medidas financieras y fiscales. Mantener la pluralidad de fuentes de financiación en la investigación, simplificando su gestión económica y administrativa.



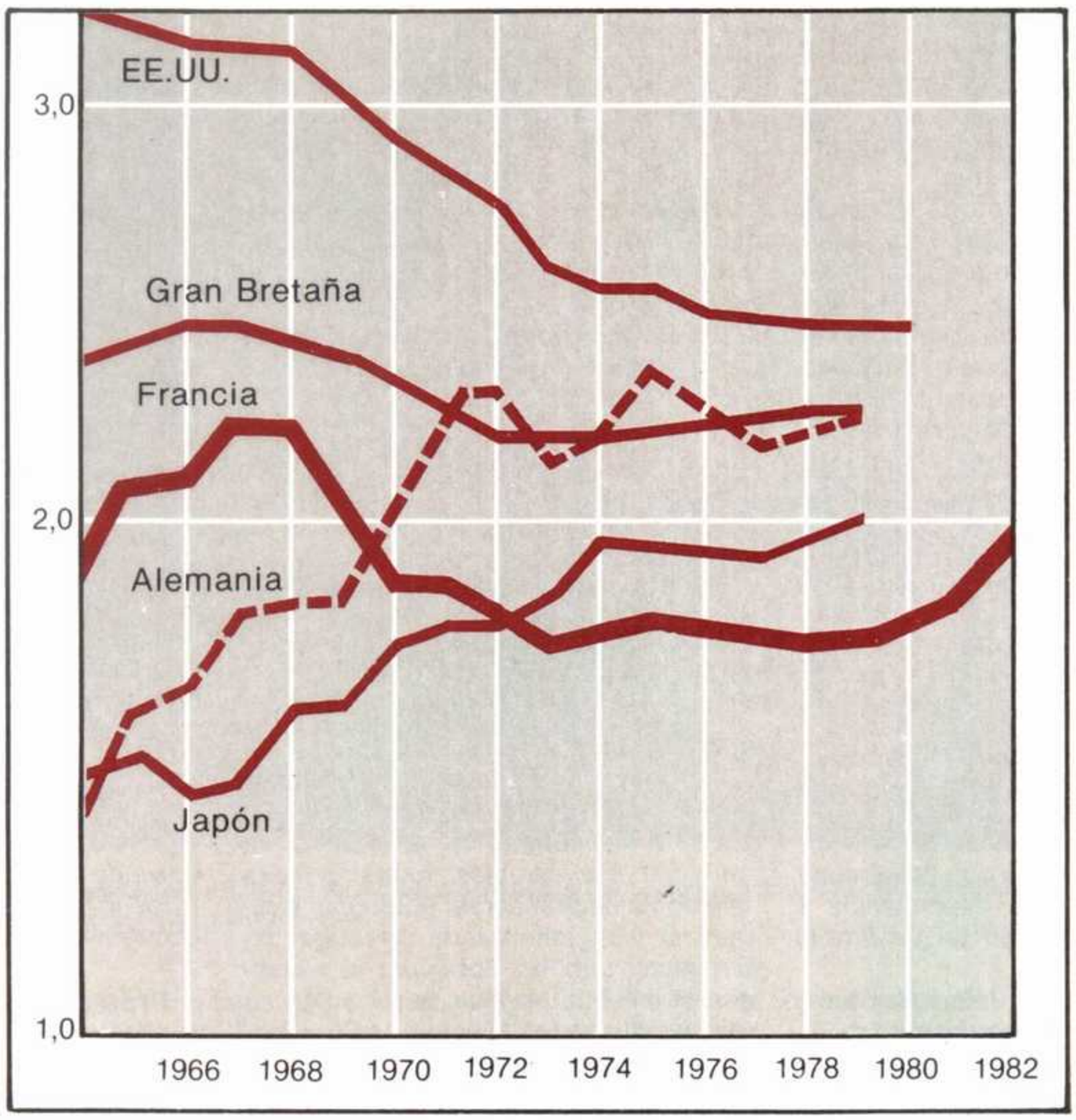
Representantes de organizaciones sindicales y partidos políticos

Un hecho muy significativo fue que unos 200 representantes de organizaciones sindicales y patronales del más diverso signo participaron en el Coloquio. En cambio, sólo los partidos políticos de la mayoría en el Gobierno

Principales organismos de investigación en Francia.
Presupuestos 1982 (en millones de francos)



ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique - Outre-Mer
GERDAT: Groupement d'Études et de Recherches pour le Développement de l'Agronomie Tropicale
CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique
INSERM: Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
INRA: Institut National de la Recherche Agronomique
CEA: Commissariat à l'Energie Atomique
CNES: Centre National d'Études Spatiales
CNEXO: Centre National pour l'Exploitation des Océans
COMES: Commisssariat à l'Énergie Solaire
ADI: Agence de l'Informatique
INRIA: Institut National de la Recherche en Informatique et en automatique



Evolución de la intensidad del esfuerzo de investigación y el desarrollo (en % del PIB) en Japón, RFA, Francia, Reino Unido y Estados Unidos.

respondieron positivamente a la invitación. El RPR y UDF indicaron en declaraciones a la prensa que no consideraban suficiente el tiempo de intervención que se les había otorgado o el número de representantes asignado.

En las sesiones plenarias de los días 15 y 16 se dedicó un tiempo a la intervención de los representantes de las organizaciones políticas, sindicales y patronales presentes.

Tomaron la palabra representantes del PSU, PC y PS, que coincidieron en la valoración positiva de los trabajos realizados y en el cambio que representaba en relación con las actitudes del anterior gobierno.

L. Jospin, que representaba al PS, señaló que el aumento de los presupuestos de investigación no debía en ningún caso llevar a «una influencia excesiva del Estado en la investigación, incluso si se trata de un Estado reformado por los socialistas».

Las organizaciones sindicales y patronales fueron muy numerosas. Por orden de intervención; FEN, FO, Federación Nacional de Sindicatos de Productores Agrícolas, Sindicato Nacional de la Pequeña y Mediana Empresa, Confederación Francesa de Trabajadores Cristianos, Patronal Nacional de Francia, CFDT, UNEF, Confederación General de la Pequeña y Mediana Empresa, Confederación General de Cuadros y CGT. También valoraron positivamente el coloquio y sus resultados y manifestaron su acuerdo en que la salida de la crisis sólo es posible mediante la potenciación de la investigación y la tecnología, ya que ello permitirá reconquistar el mercado interior, desarrollar la exportación y crear empleo.

Los representantes de la patronal insistieron en la necesidad que tiene la pequeña y mediana empresa de recibir apoyo del Estado para desarrollar la investigación, ya con la ayuda de los centros de investigación públicos ya con las oportunas medidas fiscales y de crédito.

Los representantes sindicales insistieron en los problemas que plantea el estatuto del investigador y también del personal técnico. Sin duda, la intervención más dura fue la del representante de la CFDT quien criticó el excesivo peso que en el Coloquio habían tenido los profesionales de la investigación frente a los otros grupos afectados: obreros y técnicos principalmente.

Tanto los representantes de la UNEF como los de la FEN insistieron en las relaciones entre investigación y enseñanza, en la necesidad de mejorar la educación y potenciar la investigación pedagógica.

El final del Coloquio

La sesión de clausura, a la que asistieron casi tres mil personas, estuvo presidida por el primer ministro P. Mauroy. Se inició con unas palabras de F. Gross, presidente del Coloquio, quien agradeció a todos la labor realizada.

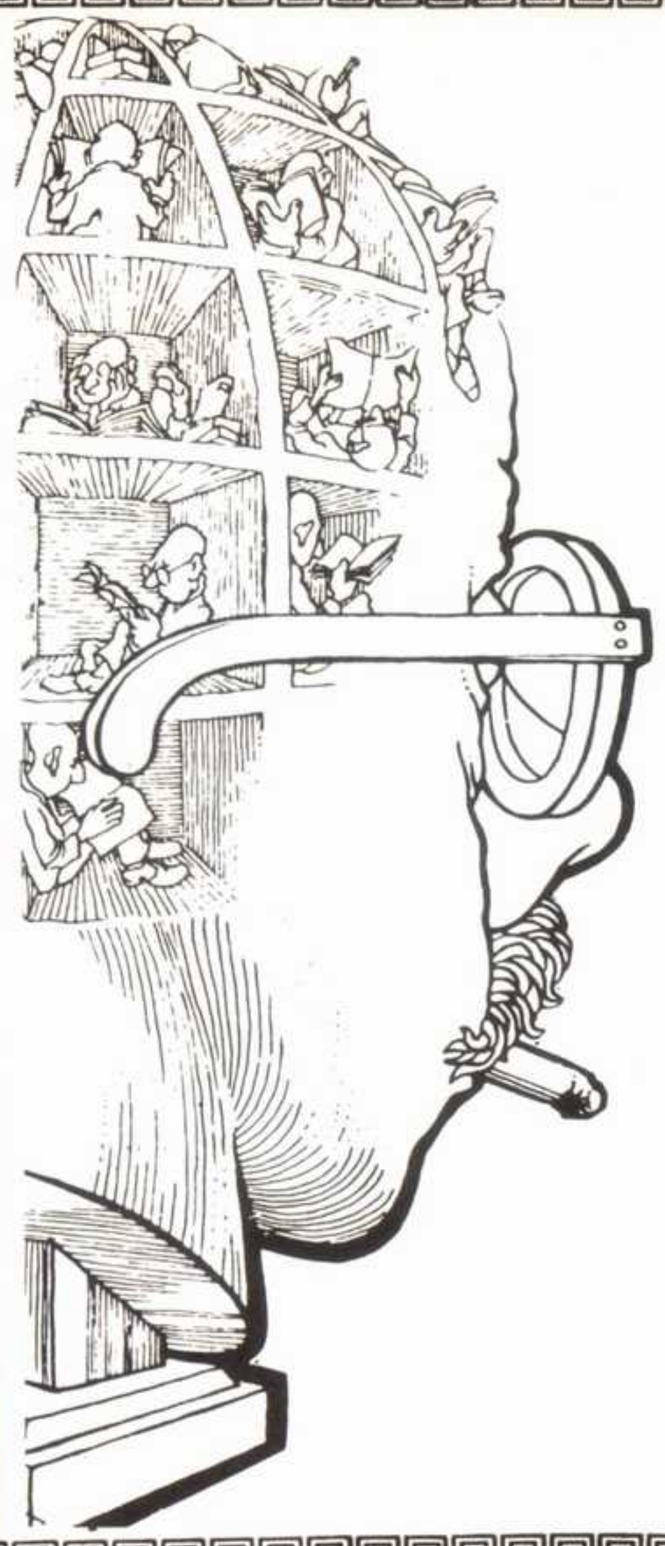
La parte más importante de esta sesión fue, sin duda, el discurso de Ph. Lazar, ponente general y vicepresidente del Coloquio, quien hizo una magnífica síntesis de las ponencias presentadas. *Democracia, Transparencia, Movilidad, Regionalización* y *Agilización* de las estructuras fueron las palabras clave del coloquio y de la exposición de Ph. Lazar. En ellas centró las transformaciones que deben realizarse en los organismos de la investigación francesa. Transformación que calificó de «revolución tranquila» y de «cambio paralelo al que se ha producido en las estructuras políticas de Francia».

El discurso de J.P. Chevènement fue una exposición de lo que será la futura ley de la investigación, y la garantía de que las conclusiones del Coloquio determinarán la orientación de la misma.

La presencia y las palabras del Primer Ministro aseguraron el apoyo de todo el Gobierno en la tarea emprendida por el Ministerio de Investigación y Tecnología.

Éstas han sido, en resumen, las jornadas que han vivido nuestros colegas franceses, así como los doscientos invitados extranjeros que les acompañábamos. Es, sin duda alguna, una experiencia muy interesante, ya que como dijo Ph. Lazar, muestra la capacidad de autoorganización de la comunidad científica. Muestra también que en política científica las opciones van íntimamente ligadas a las que ofrece la política económica y social.

En suma, una experiencia que, evidentemente, no es exportable sin más a los países vecinos, pero que debe hacerles reflexionar profundamente. Sobre todo a aquéllos, como el nuestro, donde se piensa que no es posible destinar más dinero a la investigación a causa de la crisis económica, y no se plantea que la dependencia tecnológica agrava cada día más esta crisis. O bien, que suponen que una ley de política científica puede hacerse sin consultar e implicar en ella a toda la comunidad científica del país.



SUSCRIBASE a

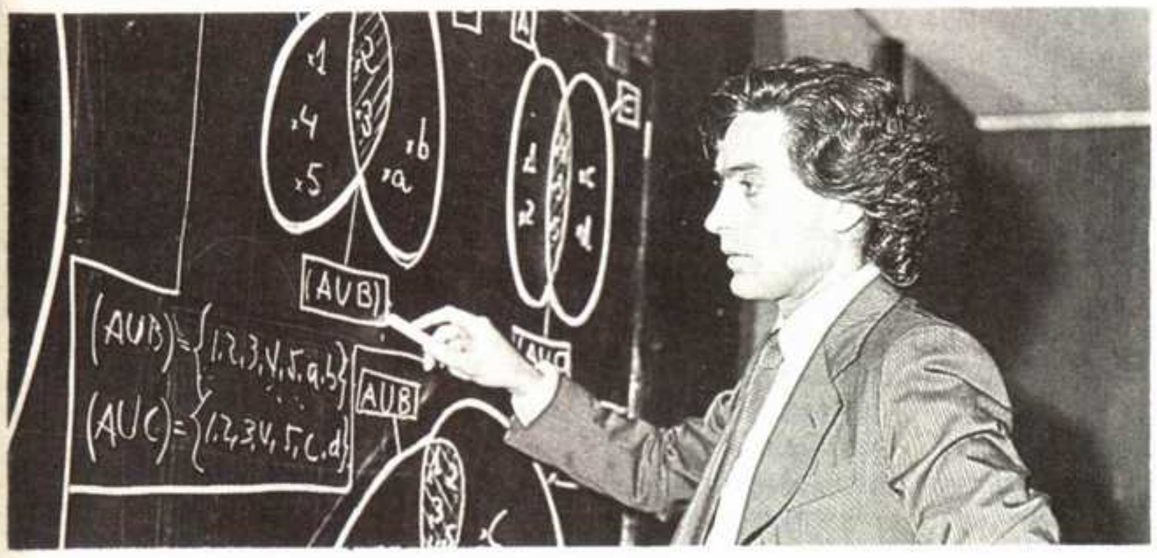
MUNDO CIENTIFICO

LA RECHERCHE, *versión en castellano*

Rellene y envíenos su cupón

página 462

MATEMATICA MODERNA



- **para superar el examen de ingreso en la Universidad para mayores de 25 años.**
- **para cursar estudios especiales que requieren una amplia base matemática.**
- **para ampliar conocimientos y ocupar cargos de responsabilidad dentro de la empresa.**

Ahora puede seguir, en pocos meses, este Curso desde su propio domicilio, contando con el asesoramiento de un experto profesorado. Solicite información gratuita y sin compromiso.

JEFE DE PRODUCCION

BASICO DE PSICOLOGIA

PINTURA AL OLEO

MARKETING

Cursos CEAC

GESTION EMPRESARIAL
- Jefe de Contabilidad
- Jefe Administrativo
- Básico de Informática
- Básico de Psicologia
- Marketing
- Jefe de Finanzas
- Organización equipos de venta
- Contabilidad y control presupuestario
- Jefe de Producción
- Psicologia aplicada a la empresa
- Psicologia aplicada a la publicidad y venta
- Planificación y organización de la empresa

ENSEÑANZAS TECNICAS Y CULTURALES
- Puericultura
- Decoración Profesional
- Fotografia
- Dibujo y Pintura
- Educación Preescolar
- Jardineria
- Mecánico de Automóviles
- Electrónica (con experimentos)
- Matemática moderna
- Dibujante General

GRATUITAMENTE

Sr. Director: Envíeme a la mayor brevedad posible información sobre el curso de _____

Nombre y apellidos _____

_____ Edad ____

Domicilio _____

_____ N.º _____ Piso ____ Puerta ____

Población _____ D.P. _____ Teléfono _____

Provincia _____ Profesión _____

CEAC, Aragón, 472 (Dpto. L – AH) Barcelona-13

RELLENE Y ENVIE ESTE CUPON ¡HOY MISMO!

CEAC

CENTRO DE ENSEÑANZA A DISTANCIA
Autorizado por el Ministerio de Educación y Ciencia n.º 54
T. (93) 245 33 06 de Barcelona.-T. (91) 429 00 32 de Madrid
Aragón, 472 (Dpto. L – AH) Barcelona-13

744

Libros

Daniel Turbón,
Antropología de Cataluña en el II milenio a. C.
304 pp., Ediciones de la Universidad de Barcelona, Barcelona, 1981.

Muchos son los autores que han profundizado en el conocimiento de nuestras raíces culturales, dando a la arqueología y prehistoria amplia difusión. Pero muy poco se conoce de los aspectos biológicos de los hombres que las fijaron. Ciertamente, sólo los escasos restos óseos hallados en las excavaciones pueden ser objeto de estudio; no menos, que proporcionan amplia información al antropólogo. Información que ayudará al prehistoriador en sus conclusiones, pero que posee además un gran valor en sí misma para comprender la génesis de las poblaciones humanas actuales, uno de los objetivos de estudio de la antropología biológica.

El libro que comentamos es un estudio de los restos humanos pertenecientes a la Edad del Bronce de Cataluña. Su interés reside en presentar una síntesis a partir de numerosos restos geográficamente dispersos que en su mayoría habían permanecido inéditos.

A la fase neolítica de los sepulcros de fosa, sucede en Cataluña, al igual que en otras áreas, la Cultura Megalítica de la Edad del Bronce caracterizada en este territorio por dos manifestaciones funerarias: megalitos y cuevas sepulcrales. Por otra parte, con la aparición de la Edad del Hierro, a finales del II milenio a. C. tiene lugar un profundo cambio cultural, sustituyéndose la inhumación colectiva por la incineración, práctica que se extiende hasta el dominio romano. Éste es el contexto cultural en el que se desarrolla la investigación biológica realizada en la obra que comentamos.

El libro se inicia con una exposición de la problemática arqueológica y antropológica, y a partir de ellas se plantean las hipótesis que se desarrollarán en el trabajo. A continuación se expone la metodología empleada y un inventario de yacimientos donde se documenta la procedencia del material. Sigue el análisis de la mortalidad por edades, paleopatología y trepanaciones craneales. El grueso de la obra está dedicado a analizar estadísticamente los diversos caracteres del esqueleto y a establecer los rasgos propios de la población estudiada.

A continuación se diagnostican las diversas tipologías, con lo que se obtiene un panorama racial de Cataluña en el II milenio a. C. Para situar las poblaciones estudiadas en relación con sus contemporáneas del Mediterráneo occidental y con los pobladores anteriores y posteriores de Cataluña se realiza un conjunto de comparaciones que llevan a interesantes conclusiones entre las que destacan las referentes al aporte centroeuropeo en la configuración de la población catalana de la Edad del Bronce y las relativas a las invasiones de la Edad del Hierro.

Se trata de una monografía, en el sentido clásico, dentro de la antropología prehistórica, que denota, además, un gran conocimiento del panorama cultural por parte del autor, profesor del Departamento de Antropología de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona, quien demuestra en esta obra su formación en ambos terrenos. El texto resulta muy especializado y con un lenguaje, sobre todo en los capítulos centrales, únicamente asequible al especialista.

Es indudable la oportunidad de la publicación de esta obra, ya que resultará referencia obligada para cualquier estudio que pretenda el conocimiento del pasado humano en la cuenca mediterránea.

Jaume Bertranpetit y Miguel Hernández.

E. Bernardini,
Tecnología de Aceites y Grasas,
Editorial Alhambra, 1981.

Con este trabajo, el autor se ha propuesto poner a disposición de quienes se dedican o piensan dedicar su actividad profesional a este sector industrial, tan importante en nuestro país, un texto de ayuda y consulta, tarea que cumple con un lenguaje técnico claro y preciso.

Al efecto se han limitado los aspectos teóricos y científicos, que se pueden encontrar en otros libros, mientras que se ha prestado el máximo interés en resaltar la información relativa a los modernos ciclos de proceso, diagramas de nuevos procedimientos y recientes avances tecnológicos en el sector. Se exponen las características de cada tipo de instalación y equipo, sus ventajas e inconvenientes, consumo y rendimiento.

Así, se presentan y señalan las dificultades que ha encontrado el autor en la construcción y gestión de tales complejos en el curso de su ya dilatada experiencia profesional. La exposición de los diferentes aspectos de la actividad industrial gira en torno a unos temas de estudio principales.

En el capítulo 1 se trata específicamente el proyecto de instalaciones de tratamiento de semillas oleaginosas y sustancias grasas, y la necesidad de un estudio previo, en profundidad, de diferentes aspectos: productos que se pretende comercializar, investigación del mercado, materias primas, fuentes de abastecimiento y gastos, que influyen en el ciclo productivo de toda instalación industrial.

Una vez descritas, en el capítulo 2, las características de las semillas oleaginosas, en los capítulos 3-12 se relacionan los diferentes procesos de almacenado, secado, transporte, preparación, extracción, etc. a que se someten aquéllas, informándose asimismo de los diferentes subproductos generados: concentrados de proteínas y diferentes tipos de harinas.

El capítulo 13 se dedica a la exposición de las características de los aceites y grasas de origen vegetal y animal, de los que se presentan tablas con su composición y propiedades.

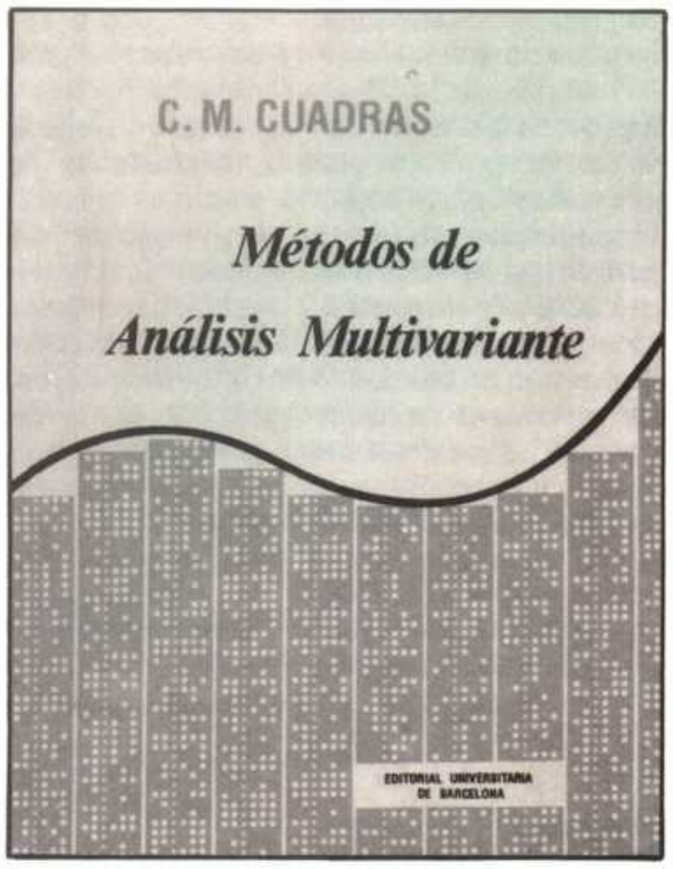
Los tratamientos de aceites y de otras materias grasas son objeto de estudio en los capítulos 14-28, donde se describen los procesos de desgomado, neutralización, decoloración, filtración, deosodorización, refinación, winterización, fraccionamiento, hidrólisis, desdoblamiento y destilación. De estos procesos se ofrecen datos sobre consumo, rendimiento y posibles dificultades de su realización a nivel industrial. Por último, el capítulo 29 se dedica al estudio de los principales componentes de las sustancias grasas, mientras que los capítulos 30-31 presentan una relación de tablas de características físicas, químicas, y factores de conversión de gran interés práctico.

En suma, consideramos muy interesante esta iniciativa de la Editorial Alhambra de ofrecer a estudiantes, técnicos y empresarios la posibilidad de disponer de un tratado claro, conciso y, sobre todo, práctico: *Tecnología de Aceites y Grasas* de E. Bernardini, en versión española de J. Baquero Franco.

Ángel J. García Buendía.

C.M. Cuadras,
Métodos de Análisis Multivariante,
642 pp., Editorial Universitaria de Barcelona, Colección Laboratorio de Cálculo nº 23, Barcelona, 1981, XII.

Es poco frecuente encontrar en la literatura en castellano libros sobre alguna de las disciplinas del análisis multivariante. La dificultad se agrava si pretendemos que, además, tengan una sólida base científica, incluyan ejemplos numéricos de los diferentes méto-



dos, y describan la metodologia aplicable a problemas reales.

La obra que reseñamos es el producto de una larga experimentación efectuada por el profesor C. Cuadras, Facultad de Biologia, Universidad de Barcelona, sustentada en una sólida base teórica de por sí compleja, aunque en la forma en que está desarrollada, pienso que no será de difícil comprensión.

El autor define el Análisis Multivariante como «el conjunto de métodos estadísticos y matemáticos para analizar e interpretar las observaciones multidimensionales, es decir el material estadístico que proviene de la observación de más de una variable». Es una definición con la cual es difícil no estar de acuerdo. Entendemos que el Análisis Multivariante es una valiosa herramienta, que hoy día se ha hecho imprescindible. Esta afirmación puede estar avalada por la siguiente opinión de Mac Iver: «La verdadera labor del hombre de ciencia no ha terminado, ni siquiera empezado, cuando los datos se han descubierto o reunido, ordenado y clasificado, depurado y comprobado, contado y medido. Apenas se ha preparado el terreno para iniciarla». El Análisis Multivariante ayuda a la preparación de ese terreno.

Ésta no es una disciplina nueva; sus conceptos son tan antiguos como la misma Estadística. No obstante, dada la magnitud de los datos que hay que manejar, su operatividad ha sido más bien escasa hasta tiempos muy recientes. El creciente desarrollo de la Informática ha revelado la aplicabilidad de métodos tradicionales y estimulado fuertemente la investigación sobre otros nuevos. Se podría indicar que, salvo en aplicaciones triviales, la aplicabilidad de los métodos de Análisis Multivariante requiere la utilización de paquetes de programas de tratamiento por ordenador; al final de la obra se incluye una relación bastante completa de los existentes hoy en este campo, algunos de los cuales han sido diseñados y escritos por el autor y sus colaboradores.

La obra consta de 22 capítulos agrupados en cinco partes. Cada una de éstas podría constituir un libro aparte. Dada la extensión de la materia que el autor desarrolla, es inevitable que los diversos temas no hayan sido tratados exhaustivamente. No obstante, son de agradecer las referencias que se hace a la sección de bibliografía incluida al final de la obra.

La primera parte es introductoria y describe los conceptos básicos estadísticos. La segunda está dedicada al Análisis Factorial; utiliza como fuente principal una monografía anterior escrita por el autor sobre dicho tema. En esta parte es donde más claramente se puede apreciar la notable influencia que el profesor J. Torrens-Ibern ha tenido sobre la mentalidad investigadora del autor.

La tercera parte está dedicada a los métodos de Análisis y Representación de Datos; en relación con la misma estimamos muy apropiada la cita de R. Gnanadesikan y M.B. Wilk con la que el autor comienza el libro: *Man is a geometrical animal and seems to need and want pictures for parsimony and to stimulate insight.* Los métodos aquí recogidos ayudan a obtener dicha representación; son de destacar los dos capítulos dedicados al Análisis de Proximidades *(multidimensional scaling).*

La cuarta parte de la obra, titulada «Clasificación», está dedicada al Reconocimiento de Objetos (patrones, *pattern recognition*) en sus vertientes de Taxonomía Numérica o Análisis de Conglomerados *(Clustering)* y Análisis Discriminante. Esta sección es la menos extensa; no obstante, la descripción conceptual es muy completa y han sido recogidos los principales métodos en uso. Entiendo que es una parte donde se hace más precisa la utilización de la bibliografía, a la que el autor se remite en la exposición de los diversos métodos.

La quinta parte está dedicada al Análisis Multivariante de la Varianza y al Análisis de Correlación Canónica. Aunque la lectura del libro puede proceder básicamente de manera independiente, opinamos que esta parte podría haberse incluido entre la primera y la tercera, dado que a veces el autor hace referencia a ella en partes anteriores.

No imparto cursos regulares en la Universidad y, por tanto, mi recomendación del libro a profesores y estudiantes de Estadística e Investigación-Operativa no puede estar basada en mi experiencia personal en la enseñanza. Sin embargo, dado el cuidado con que se han expuesto los conceptos, consideramos esta obra muy recomendable en el proceso de formación de todo estadístico: los errores tipográficos son más bien escasos, hecho poco frecuente en una primera edición.

Inevitablemente, la descripción de algoritmos complejos para resolver problemas esencialmente difíciles requiere la inclusión de herramientas matemáticas no-triviales; con todo, el lector familiarizado con los rudimentos de álgebra lineal comprenderá sin duda la mayor parte del material incluido en esta obra, que recomendamos a los profesionales e investigadores de la Estadística, así como a aquellos interesados en las ciencias experimentales y, muy particularmente, en disciplinas tan dispares como Biomedicina, Biología, Química, Sociología, Lingüística, análisis clínicos, análisis de mercados, análisis políticos, control de calidad, etc. No dudamos de que puede ser un libro de consulta muy útil, ni de que sus 28 páginas de bibliografía muy actualizada se revelen una fuente de información sumamente valiosa sobre campos especializados.

Laureano F. Escudero.

Física

C. Bird,
La main divinatoire,
394 pp., Laffont.

Esta historia de la radiestesia llena un vacío. En efecto, hasta ahora sólo había aparecido en este género *Baguettes et pendules* del doctor J. Regnault, publicada en 1948, con una bibliografía enorme, muy interesante desde el punto de vista histórico, pero verdaderamente dudosa en cuanto a la certidumbre de sus datos. El presente libro es asimismo completo, pero mucho más moderno; y, por otra parte, sin alcanzar un nivel científico, es mucho más seguro en cuanto a su información, que es la de un periodista convencido y muy escrupuloso, de manera que nos es ahorrado el fárrago de tantas tentativas radiestésicas sin fundamento. Estudio muy actual, por atender asimismo a los adelantos modernos al respecto. El impulso inicial proviene de un pequeño libro de Yves Rocard (1964) que sugería que los reflejos del zahorí respondían a un leve gradiente del campo magnético.

En América, un ingeniero electrónico, A. Harvalik, ha desarrollado ampliamente esta idea; en Rusia, numerosos geólogos han usado sus consecuencias prácticas. En 1981, la radiestesia se presenta, pues, con bases más científicas, que debieran consolidar sus tentativas aún infantiles. A Christopher Bird le debemos el conocimiento de esta situación.

R. Greenler,
Rainbows, halos and glories,
169 pp., Cambrige University Press.

He aquí un libro entusiasta y atractivo sobre los numerosos fenómenos luminosos observables en el cielo. Para explicar los arcoiris, los colores de las nubes o la gran variedad de aureolas y halos, el autor ofrece demostraciones físicas simples pero precisas. La bibliografía se refiere a las observaciones históricas, así como a los últimos tratados matemáticos publicados. Siete capítulos reúnen los diferentes efectos luminosos según el tipo de fenómeno óptico causal. En el análisis de la refracción y de la reflexión sobre cristales de hielo, el autor nos ofrece una aportación original y espectacular: la simulación sobre ordenador de la mezcla de halos, arcos tangentes, parhelios, etc., observados en el cielo polar. Numerosas y bellas láminas en color contribuyen a que el mismo lector pueda reconocer y explicar los fenómenos fotografiados, con lo que se consigue que en adelante, agucemos nuestra mirada a la luz del cielo.

Biología-Medicina

G. Collin de l'Hortet,
Gériatrie clinique,
169 pp., Masson.

Esta obra ha sido redactada bajo la dirección de G. Collin de l'Hortet, con la colaboración de una decena de médicos especializa-

dos. Es una obra muy técnica, dirigida a los médicos y a los miembros de profesiones paramédicas que tengan que visitar a personas ancianas sea a domicilio sea en medio hospitalario. Atiende a las alteraciones y problemas, tanto físicos como psíquicos, que pueden sobrevenir a las personas ancianas, y a la forma particular de identificarlos y tratarlos teniendo en cuenta sus propias características a esta edad. Y sobre todo, este libro muy claro y didáctico no pierde jamás de vista el contexto psicológico y sociológico particular de las personas de la tercera edad y lo aborda con una atención y respeto que constituyen una verdadera lección. Hay que desear a esta obra una amplia difusión, particularmente entre los médicos.

A. Picot y col.,
Aspect biochimique de la toxicité de diverses substances chimiques (solvants, produits mutagènes, cancérogènes...),
Editions du CNRS.

En una época en que la evolución de las técnicas permite la aparición y la utilización frecuentemente a gran escala de sustancias químicas cada vez más numerosas, los problemas de toxicología se multiplican en todos los campos y en todas las ramas de la técnica. La toxicología evoluciona en sus dimensiones y en su naturaleza. Hoy no solamente se comprueba si una sustancia es globalmente tóxica, sino que también se sabe normalmente cuáles son las principales perturbaciones morfológicas (macroscópicas y microscópicas) y bioquímicas que provoca en un organismo.

Por el contenido de esta obra, parece que se ha dado un paso adelante. En efecto, los autores reúnen una serie de ejemplos de mecanismos reactivos químicos que explican por qué transformaciones estos productos se vuelven tóxicos para el organismo. Reagrupando así elementos dispersos en la literatura sugieren al lector los principios de una verdadera «toxicoquimia» paralela a la farmacoquimia, y especialmente la existencia de lo que se podría llamar el «toxicóforo» (fragmento químico portador de la toxicidad de la molécula considerada), del mismo modo que existe ya el farmacóforo (fragmento portador de la actividad farmacológica). Esta vía puede permitir al químico establecer relaciones *estructura/toxicidad* y ayudarle a realizar una toxicoquimia de previsión (que verificar *in fine* en el animal) que ya no se limita al conocimiento del efecto peyorativo de algunas funciones, encadenamientos y/o ciclos dados, sino que permite preverlo a partir de sus precursores más o menos lejanos.

Además, esta obra ofrece una clara recensión de importantes generalidades sobre la toxicidad de los productos químicos, y en particular, de numerosos disolvente comunes; de los principales sistemas de desintoxicación y de eliminación del organismo; de las vías de penetración en el organismo según la naturaleza fisicoquímica del producto; y por último, de generalidades sobre las series químicas tratadas, así como de las monografías sobre los productos tipo pertinentes.

La publicación presenta esquemas simples pese a la complejidad de los mecanismos que ilustran, así como una útil biblografía. Al final, después de un índice alfabético de las sustancias químicas mencionadas, se adjuntan fichas prácticas de informaciones toxicológicas.

Esta obra vasta y ampliamente documentada constituye, pues, no solamente una preciosa colección de datos toxicológicos estáticos, sino también un instrumento de reflexión previsora para tratar problemas de toxicidad directa o potencial. Será particularmente útil, por tanto, a los químicos e ingenieros y a todos aquellos que se encuentran de una forma u otra confrontados con problemas de toxicidad, y más precisamente, la de los disolventes, productos mutágenos y cancerógenos. Sería deseable que este trabajo, que constituye un buen instrumento de prevención en materia de toxicología fuera seguido de otros fascículos tratados con igual espíritu, pero aplicados a otros tipos de productos químicos.

Ciencias humanas

A. Le Brun,
Un site néolithique précéramique en Chypre;
Kap Andreas-Kastros
226 pp., A.D.P.F.

La publicación del yacimiento de Kap Andreas-Kastros es una etapa importante para los estudios del este mediterráneo, tanto por el interés del lugar como, y sobre todo, por la calidad de la publicación. Es cierto que la excavación de esta ciudad neolítica, compuesta de elementos construidos en plano circular que reposan sobre un murete de piedras coronado de una hilera de ladrillos crudos y otras disposiciones exteriores (que datan del 6° milenio a.C.), lamentablemente tuvo que ser interrumpida debido a los acontecimientos políticos en la isla. Pero no deja de ser la primera excavación metódica del Neolítico de Chipre, la primera publicación con planos de distribución de mobiliario y la primera donde el conjunto de los útiles, fauna y flora son analizados en detalle. La imagen resultante nos revela una comunidad aldeana establecida en lugar defensivo, dedicada a la agricultura (trigo y cebada), a la colecta de plantas salvajes, la cría de cabras, un poco a la caza, y a la pesca en el mar y recogida de moluscos y crustáceos. La vajilla de piedra (la alfarería no se fabrica) atestigua un nivel tecnológico elevado, y el conjunto del mobiliario, como la arquitectura y los ritos funerarios, señalan la originalidad de este primer neolítico chipriota. Así ha quedado estacionado (no solucionado) el problema del origen de estas comunidades, pues no se ha podido establecer seriamente otra prueba de ocupación más antigua sobre la isla. Pero está claro que solamente por medio de publicaciones de este nivel se podrá renovar la problemática.

J.F. Skrzypczak,
L'inné et l'acquis. Inégalités «naturelles» inégalités sociales,
204 pp., Ed. Chronique Sociale (Lyon).

La primera reacción al leer el título de este libro es decir: ¡aún! y esperar con irritación todas las trivialidades que este tema fundamental provoca. Grande es entonces la sorpresa al descubrir una obra especialmente clara y bien redactada, accesible a todo público un poco cultivado y que demuestra finalmente lo que debiera ser un tópico, a saber, que todo ser viviente es el fruto del desarrollo de un programa innato en un ambiente que le permite realizarse, bien o mal según los casos. Los soportes de genética son fácilmente comprensibles y el problema central de la génesis de las aptitudes para los diferentes aprendizajes que se ofrecen al hombre está bien expuesto. A este propósito el autor vuelve a repetir lo que debería ser una evidencia: no existe relación de orden entre los genes; puede haber varios alelos de un mismo gen y ¡éstos no pueden ser «desiguales»! Pero el autor no se limita a esto, y no esquiva las cuestiones que plantean la existencia del instinto o los fenómenos de impresión.

Seguidamente expone nuestros conocimientos sobre los datos psicológicos y sociológicos del problema, poniendo el acento sobre el lenguaje (con referencias muy oportunas sobre las teorías hoy enfrentadas) y la muy controvertida inteligencia. Por último, el autor demuestra cómo las teorías simplistas —pero muy a la moda— reunidas bajo el nombre de sociobiología son vehículo, a partir de conceptos mal definidos y de postulados ocultos, de ideologías más o menos peligrosas, fundadas sobre metáforas de economía política. Un libro de fácil lectura, que tiene en cuenta las investigaciones más recientes, y que debieran conocer particularmente aquellos cuyo trabajo consiste en enseñar a los niños el saber producido por nuestra cultura.

S. Cleuziou, P. Lombard y J.F. Saltes
Fouilles à Umm Jidr (Bahrain),
64 pp., A.D.P.F.

Las leyendas babilónicas situaban el paraíso terrestre en el país de Dilmoun, sin duda el actual Bahrain, emirato en el que se ha podido hacer un recuento de alrededor de cien mil túmulos que datan del tercer milenio a.C. Los autores de este opúsculo han dirigido sus investigaciones hacia siete puntos solamente y sus excavaciones han revelado la existencia de una civilización de inhumantes: los cuerpos yacen sobre el costado derecho, en posición doblada o contraída, la cabeza dirigida hacia el Oeste, en cámaras funerarias simples o en un aposento de orientación meridional. Aunque no pobre, si escaso, el material comprende una cerámica roja, sellos y perlas (¡en piedra!), cestas embetunadas y osamentas de animales. Una buena ilustración, y en particular un excelente mapa arqueológico, acompañan el texto.

Historia de las ciencias

J.L. Heilbron,
Electricity in the 17th and 18th centuries. A study of early modern physics,
606 pp., University of California Press.

¿Cómo se constituyó la ciencia de la electricidad? Para dar su respuesta, J.L. Heilbron se ha entregado a una larga encues-

ta histórica de gran originalidad, aunque los resultados son presentados a veces de forma un tanto difícil a causa del propio exceso de erudición. Pero es una contribución esencial a la historia de los principios de la «física moderna» (que con demasiada frecuencia se aborda únicamente a través de la astronomía y la mecánica). Heilbron describe las instituciones, el marco social; evoca las diferentes corrientes de pensamiento que constituían el plan de investigaciones anterior; pasa lista cuidadosamente a los distintos «sabios»; refiere los diversos experimentos (y se ocupa ampliamente de la descripción de los instrumentos). Una obra como ésta constituye una verdadera mina de informaciones. Quizá se puede reprochar al autor el subestimar la importancia de ciertas reflexiones filosóficas. Pero las cualidades superan a los defectos. Deseemos que este estudio abra la vía a otros trabajos del mismo estilo y que encuentre numerosos lectores.

R.S. Westfall,
Never at rest A biography of Isaac Newton,
908 pp., Cambridge University Press.

A.R. Hall,
Philosophers at war. The quarrel between Newton and Leibniz,
338 pp., Cambridge University Press.

I.B. Cohen,
The Newtonian revolution, with ilustrations of the transformation of scientific ideas,
404 pp., Cambridge University Press.

B.J.T. Dobbs,
Les fondements de l'alchimie de Newton,
304 pp., Guy Trédaniel, Edition de la Maisnie.

Entre estas obras sobre Newton, la más importante es la de Richard S. Westfall, notable biografía que en adelante será indispensable a todos aquellos que se interesen por la ciencia clásica. Se basa en la lectura atenta y minuciosa de los numerosos textos (públicos y privados) dejados por Newton. A diferencia de Frank Manuel, otro biógrafo, Westfall desconfía de las teorías psicológicas (y psicoanalíticas); no intenta explicar el *genio* de su héroe. En cambio, dice todo lo esencial sobre todas las etapas de su vida y de su pensamiento, dándose por supuesto que en numerosos puntos hay dificultades de interpretación... No es un libro fácil, pero está escrito claramente y debería encontrar su lugar en numerosas bibliotecas.

El libro de A. Rupert Hall tiene un objetivo más limitado: refiere la «querella de prioridad» que enfrentó a Newton y Leibniz a propósito del cálculo integral. De hecho, Newton fue el primero en tener la idea; pero Leibniz publicó antes que él... Los dos teóricos intercambiaron palabras muy duras, y a su alrededor, muchos actores de segunda fila participaron en la lucha (que era científica y filosófica a la vez). Con el tiempo, se puede estimar que el conflicto tomó una amplitud desmesurada, ya que Newton y Leibniz formularon sus proposiciones de forma independiente y, en sentido estricto, se trata de dos teorías diferentes. En todo caso, esta obra ilustra una vez más la violencia de estos combates por la «prioridad». Es recomendable para los historiadores de las ciencias y los historiadores de las ideas. Sin embargo, hay que observar que el autor, para abreviar, no da una historia detallada (desde el punto de vista propiamente matemático) del nacimiento del cálculo integral.

I.B. Cohen es muy conocido por todos los que trabajan sobre Newton. Su libro tiene dos objetivos. De una parte, define la «revolución newtoniana» y el «estilo newtoniano» insistiendo sobre el ir y venir dialéctico entre el pensamiento matemático y la experiencia; de la otra, ampliando las perspectivas y yendo a buscar sus ejemplos en otros además de Newton, estudia la «transformación de las ideas científicas» (es decir el lento trabajo que permite llegar más lejos interpretando de nuevo las ideas y los hechos ya disponibles). Estas reflexiones a la vez históricas y epistemológicas, siempre fundadas sobre sólidas informaciones, merecen la atención, en particular, de todos aquellos que se interrogan sobre el carácter continuo o discontinuo del «progreso» científico.

Como es sabido, Newton se interesó enormemente por la alquimia. En la actualidad, los historiadores no están de acuerdo sobre el significado exacto de sus reflexiones en este campo. Gracias a esta traducción de un libro de Betty Dobbs publicado hace algunos años, en la Cambridge University Press, los lectores francoparlantes podrán hacerse una idea un poco más precisa del problema. Porque el hecho está ahí: hay una faceta «nocturna» del pensamiento newtoniano. El estudio presente, informado y dirigido con rigor, merece una lectura atenta.

Ciencia-ficción

A. y B. Strougatski,
Stalker. Pique-nique au bord du chemin,
224 pp., Denoël.

Los extraterrestres han visitado efímeramente la Tierra, sin mantener contacto alguno con sus habitantes. En la zona que han ocupado han quedado sustancias y rayos desconocidos y peligrosos y también objetos maravillosos o perecederos, siempre raros, esparcidos por todas partes de forma incomprensible, como los restos de una merienda campestre. En un territorio tan peligroso como un campo de minas, sólo se aventuran los «stalkers», ladrones modernos que intentan apoderarse de los objetos extraños con peligro de su vida y libertad y al precio de sacrificar toda posibilidad de descendencia. Estos objetos extraños y enigmáticos son utilizados por las naciones y por las grandes compañías para fabricar armas, o productos de consumo utilizados, pero no comprendidos: el hombre ha sido brutalmente reducido al nivel de mono que sabe apretar un botón para procurarse una comida. Este decorado, original y propicio al «suspense», permite a los hermanos Strougatski, uno especialista en lenguas orientales y el otro en matemáticas y física, iniciar una interesante reflexión sobre la inteligencia y el conocimiento, y sobre la humanidad misma. «¿Por qué es grande el hombre? ¿Por haber creado una segunda naturaleza? ¿Por haber puesto en movimiento fuerzas casi cósmicas? ¿Por haber conquistado el planeta en plazos mínimos y abierto una ventana al universo? ¡No! Es grande porque, a pesar de todo esto, ha sobrevivido y está decidido a continuar.»

François Jacob
Le jeu des possibles
140 pp. Libraire Arthème Fayard, 1981

Le jeu des possibles es mucho más que un libro de F. Jacob sobre temas biológicos. Es un alegato, apasionado y apasionante; en favor de la ciencia. Alegato hábil, pues F. Jacob utiliza en apoyo de su causa las aportaciones y *los límites* de la biología moderna, muy particularmente los de la genética. El autor no esquiva las cuestiones fundamentales en ningún momento. Nos muestra que la ciencia no ha renunciado a plantearse toda una serie de problemas «filosóficos»: ¿de dónde venimos? (evolución biológica); ¿adónde vamos? (envejecimiento y muerte); ¿quiénes somos? (la formación del espíritu humano; las relaciones entre biología y cultura). La imagen que nos ofrece F. Jacob de la evolución es una de las presentaciones más atrayentes, y paradójicamente menos mecanicistas, del darwinismo moderno.

No es sorprendente que las respuestas aportadas por la biología sean hoy más claras y perfiladas para la primera de las preguntas planteadas que para las subsiguientes. Uno de los mayores méritos del libro consiste en puntualizar los límites de la aportación de la biología. Como escribe Jacob: «la única lógica que dominan los biólogos, es unidimensional», la lógica que subyace a las secuencias de proteínas y ADN, y están muy lejos de comprender los fenómenos de los seres vivos en los que se hallan implicados dos, tres o incluso cuatro dimensiones.

Esta meditación sobre el avance científico es la parte más interesante del libro. Algunas afirmaciones que reflejan de modo sumamente adecuado la *práctica* del científico no gozan ni mucho menos, de una aceptación generalizada. He aquí unos pocos ejemplos: «en la ciencia, resulta tan importante el espíritu como el producto»; «en el diálogo entre teoría y experiencia, (...) la teoría es siempre quien tiene la primera palabra», «la investigación científica se inicia siempre con la invención de un mundo posible»; «el científico espera analizar lo que considera 'el mundo real circundante', 'el mundo objetivo', un mundo desprovisto de espíritu y alma, de alegría y de tristeza, de deseo y esperanza, algo completamente disociado del mundo familiar de nuestra experiencia cotidiana»; etc. F. Jacob intenta ver qué aspectos contraponen una visión científica del mundo y una visión mítica del mismo.

Denuncia el cientificismo, de modo muy especial el uso que de él se hace en el marco de la teoría de la evolución. Si bien compartimos completamente con Jacob la idea de que las cuestiones de racismo o de desigualdades sociales no derivan de la biología, sino de la moral y la política, no podemos dejar de señalar que todos «usos maléficos» de la ciencia han tenido origen entre los propios biólogos. Si es la propia ciencia quien segrega su mitificación, el cientificismo, ¿resulta lícito buscar razones del mismo, sólo en el ámbito *exterior*? ¿Acaso no podrían buscarse también en la propia evolución del pensamiento científico y en la capacidad de la misma?

Resulta fácil adherirse a la conclusión de F. Jacob: «Hoy en día, resultaría una locura todavía mayor sostener que la razón, con el pretexto de que no es suficiente, ha dejado de ser necesaria», y buscar la *razón* de esta *locura*. ¿Cómo romper con los mitos de la ciencia sin eliminar antes sus mitificaciones?

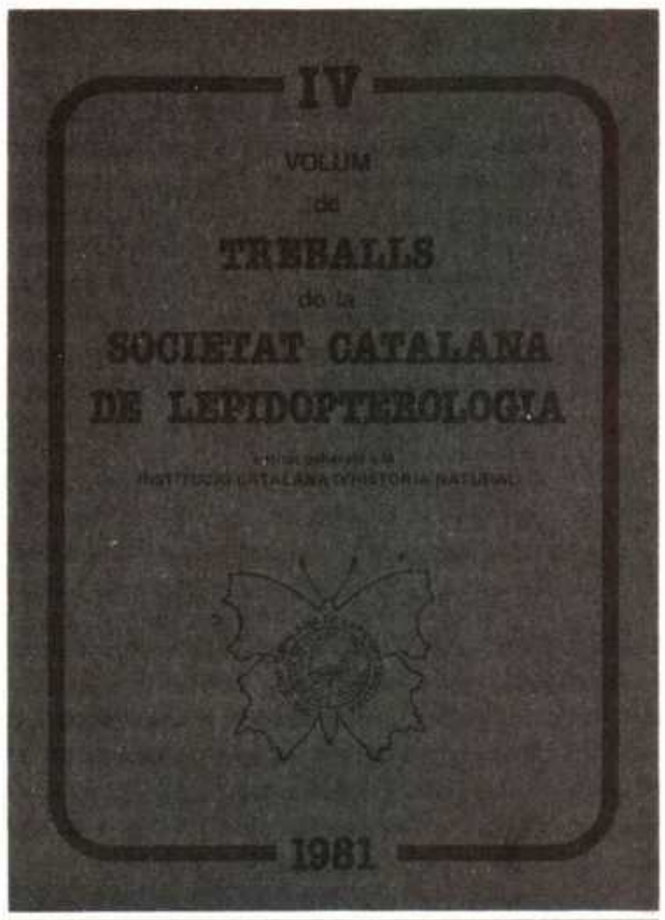
Publicaciones recibidas

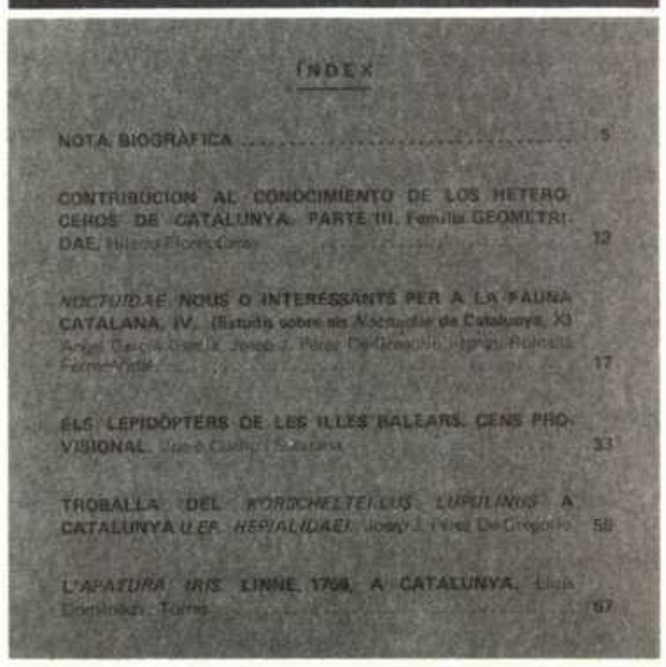
Nosotros y la Ciencia
A. Bosch, editor

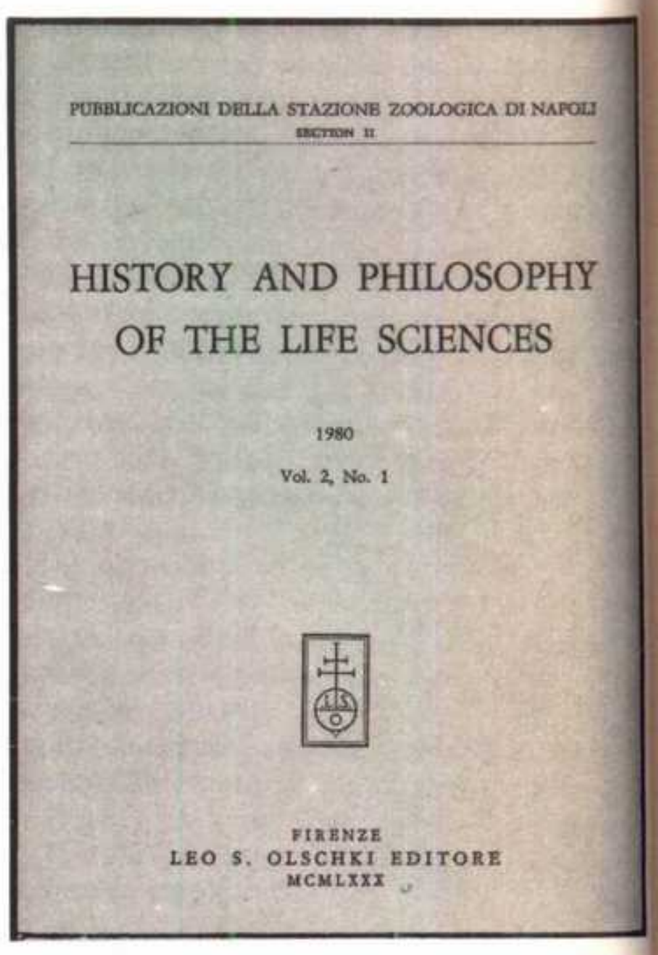
Nosotros y la Ciencia reúne, en su primera parte, catorce amplias entrevistas con personalidades universales de la ciencia actual. En las conversaciones se abordan todos aquellos temas que directa o indirectamente interesan al quehacer científico —y a sus implicaciones sociales— en dominios que cubren desde la medicina hasta la tecnología nuclear y solar pasando por la cosmología, la economía o la filosofía de la ciencia. En la segunda parte, el autor hace un balance personal de la temática planteada en forma de ocho ensayos.
Se trata de un texto que quiere servir la curiosidad del aficionado, que se brinda al estudiante para que ponga a prueba su presunta vocación y que el propio científico se asome a la ciencia por encima de su especialidad. La historia e incluso la anécdota desfilan por estas páginas para que el lector respire la atmósfera real de un mundo que, como mínimo, es fascinante.

Jorge Wagensberg es doctor en Física y profesor de la Universidad de Barcelona, donde, además, dirige un grupo de investigación en Biofísica y Procesos Irreversibles.

■ *Informática y Automática,* 62 pp., n.º 44, órgano de la Asociación Española de Informática y del Instituto de Electricidad y Automática del CSIC, publicación trimestral, Madrid, 1980.
■ *Informática y Automática,* 64 pp., n.º 45, órgano de la Asociación Española de Informática y Automática y del Instituto de Electricidad y Automática del CSIC, n.º 45, Madrid, 1980.
■ *Informática y Automática,* 64 pp., n.º 46, órgano de la Asociación Española de Informática y del Instituto de Electricidad y Automática del CSIC, publicación trimestral, Madrid, 1980.
■ *Informática y Automática,* 68 pp., n.º 47, órgano de la Asociación Española de Informática y Automática y del Instituto de Electricidad y Automática del CSIC, publicación trimestral, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Farmacia,* Monografías profesionales, *23,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Políticas y Sociología,* Monografías profesionales, *25,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Bellas Artes,* Monografías profesionales, *28,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Profesor de Educación General Básica,* Monografías profesionales, *29,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Informática* (grado medio), Monografías profesionales, *30,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.







■ *Los estudios de Oficial del Ejército,* Monografías profesionales, *31,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Oficial de Marina,* Monografías profesionales, *32,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Los estudios de Oficial de Aviación,* Monografías profesionales *33,* fundación universidad-empresa, Madrid, 1981.
■ *Integral,* 64 pp., n.º 28, revista mensual, salud y vida natural, Barcelona, noviembre, 1981.
■ *El instrumento musical,* 100 pp., revista de la música y sus instrumentos, n.º 8, agosto-septiembre, 1981.

El Libro, Noticiero Editorial, H. Blume Ediciones, Madrid y Editorial Blume, Barcelona, títulos y comentarios de novedades, n.º 1, noviembre, 1981.

■ Stella Baruk, *Echec et maths,* 320 pp., Éditions du Seuil, París, Francia, 1973.
■ Josep Antoni Alcover, Salvador Morà-Solà y Joan Pons-Moyà, *Les quimeres del passat,* «Els vertebrats fòssils del Plio-Quaternari de les Balears i Pitiüses», 261 pp., Editorial Moll, Palma de Mallorca, España, 1981.
■ Gilbert Harman, Jerrold J. Katz, W. V. Quine y otros, *Sobre Noam Chomsky: Ensayos críticos,* 358 pp., Alianza Editorial, Madrid, 1981.
■ Rose Gaetner, *Terapia psicomotriz y psicosis.* «la danza y la música», 192 pp., Ediciones Paidós, Barcelona, 1981.
■ George Freeman, *Manual de secretariado científico y técnico,* 260 pp., Ediciones Bellaterra, S.A., Barcelona, 1981.
■ I. Berenstein, *Psicoanálisis de la estructura familiar,* «Del destino a la significación», Biblioteca de psicología profunda, 237 pp., Barcelona, 1981.
■ Jean le Boulch, *La educación por el movimiento,* en la edad escolar, Educación física, 286 pp., Ediciones Paidós, Barcelona, 1981.
■ A. Charbonnier y Ph de Boisgisson, *Ecografía Urológica,* 91 pp., Toray-Masson, S.A., Barcelona, 1981.
■ Carlos Ramírez de la Lastra y Miguel, *Les réflexes linguistiques,* 232 pp., PUF, París, Francia, 1981.
■ G. Drobinski, P. Botreau-Roussel e Y. Grosgogeat, *Ecocardiografía en práctica clínica,* 108 pp., Toray-Masson, S.A., Barcelona, 1981.

Manifestaciones científicas

Abril — Brest (Francia)
107º Congreso de sociedades científicas.
Bibliothèque nationale, 58 rue de Richelieu, 75084 París Cédex 02.

Abril — Perugia (Italia)
Coloquio internacional sobre el dualismo onda-corpúsculo.
Fondation L. de Broglie, I rue de Montgolfier, 75003 París.

1-6 abril 1982 — Lausana (Suiza)
Congreso internacional «El cerebro en la salud y en la enfermedad».
Unesco, conférences et réunions, Place Fontenoy, 75007 Paris, Francia.

1-7 abril — París (Francia)
25º Salón internacional de componentes electrónicos.
Sté. pour la diffusion des sciences et des arts. 20 rue Hamelin, 75116 París.

5-7 abril — Nueva-Orleans (EE.UU.)
4º Congreso y exposición internacional sobre reciclaje.
Congress and exposition, 157 Station Road East, Oxted, Surrey RH8 OQF, U.K.

6-8 abril — Turín (Italia)
5º simposio internacional de programación.
S. Ronchi della Rocca, Istituto di Scienze dell'informazione, C.M. d'Azeglio 42, 10125 Torino, Italia.

12-15 abril — Oxford (Gran Bretaña)
Conferencia sobre la electrostática.
The Institute of physics, 47 Belgrave Square London SWIX 8QX, U.K.

13-16 abril 1982 — Madrid (España)
1er symposium internacional «Crystal growth processes in sedimentary environments».
C.R. Rodríguez Clemente, Inst. de Geología, Consejo superior de Investigaciones científicas, c/. José Gutiérrez Abascal, 2 - Madrid-6. (España).

13-16 abril — Cambridge (Gran Bretaña)
3er Congreso europeo de lepidopterología.
J. Heath. Monks Wood Experimental station, Abbots Ripton, Huntingdon, Cambs PE17 2LS, U.K.

14-16 abril — Amsterdam (Holanda)
12º Simposio sobre química analítica de los contaminantes.
Dr. R.W. Frei, Congress office, Vrije Universiteits, P.O. Box 7161, NL-1007 MC Amsterdam, Países Bajos.

16-18 abril — Portsmouth (Gran Bretaña)
Conferencia anual del grupo de Educación del Instituto of Physics sobre los microprocesadores y la enseñanza de la física.
M.J. Pipes, The city of Portsmouth Boys' School, London Road, Hilsea Port-smouth PO2 9RS, U.K.

19-20 abril — París (Francia)
Simposio 1982. La presiometría y sus aplicaciones en el mar.
Sec. du symposium, M. Le Tirant, IFP, B.P. 311, 92506 Rueil Malmaison Cédex.

24 abril — Bruselas (Bélgica)
Jornada de estudio sobre el diagnóstico y la tutela precoz del deficiente auditivo.
IRSA, Chaussée de Waterloo, 1504, B-1180 Bruselas.

27-29 abril — París (Francia)
100º Congreso de la asociación francesa para el desarrollo de las ciencias.
F. Ruff, Secret. AFAS, 250 rue St. Jacques, 75005 París.

27-29 abril — Noordwijkerhout (Holanda)
4ª Conferencia europea sobre mezclas.
4th Mixing conference, BHRA Fluid Engineering, Cranfield, Bedford, MK43 OAJ, Inglaterra.

30 abril-2 mayo — Palma de Mallorca
Sesión conjunta de la Sociedad Catalana de Biología y la Institució Catalana d'Història Natural Oceanografía del Mediterráneo occidental.
Jordi Flos, Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Gran Vía, 585, Barcelona-7.

3-5 mayo 1982 — París (Francia)
Conferencia IEEE internacional «Acústica, palabra y proceso de señal».
M. Bellanger, TRT, 5, av. Réamur, 92350 Plessis-Robinson, Francia.

Lista parcial de los coloquios internacionales del CNRS.

Mayo — Dijon
Modalidades, ritmos y mecanismos de la evolución.

Mayo — Marsella
La bacteriología marina.
CNRS, Relations extérieures, 15 Quai Anatole France, 75007 Paris, Francia.

Mayo-junio — Aussois
Física atómica y molecular en las proximidades de los umbrales de ionización con campos fuertes.

Junio — Aussois
Conjugación de fase. Inestabilidades y comportamiento crítico en las interacciones no lineales de ondas ópticas.

Verano 1982 — Estrasburgo
Los ligantes macrocíclicos.

Julio 1982 — Lyon
Los reactivos soportados en química orgánica.

19-21 julio — París
La historia de la física de las partículas durante el período 1930-1960.

Septiembre — Clermont-Ferrand
Dinámica del manto superior.

16-18 septiembre — Lyon
Estudio de las interacciones metal-soporte en la catálisis heterogénea.

Diciembre — La Martinica
Física y química de los metales sintéticos y orgánicos.

5-7 mayo — Versalles (Francia)
Simposio internacional sobre la utilización de los enzimas en tecnología alimentaria.
Symposium enzymes AFN, 72 rue de Sèvres, 75007 París.

6-9 mayo — Kalamazoo (Estados Unidos)
Sesión especial «Beyond urban and rural archaeology: connecting town and country».
Kathleen Biddick, Center for medieval studies, University of Toronto, Canadá.

9-15 mayo — Grenoble (Francia)
XIXª semana de estudio de química orgánica.
Claude Dupuy, UER Chimie, USMG, BP 53 X, 38041 Grenoble Cedex.

11-14 de mayo — París (Francia)
Congreso AFCET-SICOB. (Burótica.)
Secrétariat congrès AFCET, 156 Bd Péreire, 75017 París.

12-14 mayo — Londres (U.K.)
4º congreso internacional sobre el hierro y el acero «Continuous castings».
Conf. Department (IISC), The metals society, 1 Carlton House France, London SW 1Y 5DB, U.K.

13-14 mayo — Montreal (Canadá)
Jornadas sobre optimización.
Jacques Ferland, Cent. de rech. sur les transports, Univ. Montreal, Case Postale 6128, Suc. A, Montreal P.Q. H3C 3J7, Canadá.

17-19 mayo — Marsella (Francia)
Coloquio internacional de bacteriología marina.
A. Bianchi, Université de Provence, microbiologie marine, place Victor Hugo, 13331 Marsella Cédex 3.

20 mayo-1 junio 1982 — Erice (Sicilia)
Cosmología y gravitación: Escuela internacional.
Prof. V. de Sabatta, Istituto di fisica dell'universita, via Irmerio 46, 40126 Bolonia, Italia.

23-28 mayo — Palmerston (Nueva Zelanda)
Simposio internacional: La dieta fibrosa en nutrición humana y animal.
P.O. Box. 63, Palmerston North, Nueva Zelanda.

25-27 mayo — París (Francia)
12º Simposio internacional sobre las lógicas multivaluadas.
M. Israel, IIE-CNAM, 292, rue St. Martin, 75141 Paris Cedex 03, Francia.

26-28 mayo — Sofía-Antipolis (Francia)
Conferencia europea «Euretec»: el PVC, material clásico, material del futuro.
SPE France, 65 rue de Prony, 75854 París Cédex 17.

2-4 junio — París (Francia)
Conferencia internacional del caucho 82.
Soc. de química industrial, 28, rue Saint-Dominique, 75007 París.

LAS AVES
Neil Ardley

LA OBSERVACION DE LAS AVES
Steve Magde

El lector tiene ante sí dos libros complementarios que acotan, con el rigor exigible a una guía científica, el ámbito de estudio de la ornitología. Desde los caracteres específicos de cada género, orden y familia de aves con vistas a su identificación, hasta su rigurosa clasificación científica. Hábitats y costumbres, migraciones y épocas, anatomía y conducta, comportamiento sexual y hábitos alimentarios, son algunos ejemplos de los numerosos problemas relacionados con el mundo de las aves.

Formato: 13,5 × 20 cm
Páginas: 128 en cartoné
Fotografías e ilustraciones a todo color

P.V.P.: 725 pts.

Pídalo a su librero o contrarreembolso a:

Editorial Fontalba, s.a.

VALENCIA, 359 - 6.º 1.ª
BARCELONA-9 (ESPAÑA)

2-9 junio — Buenos Aires (Argentina)
16.º Simposio internacional sobre la teledetección del entorno.
D.M. Humphrey, Environmental Research Institute of Michigan P.O. Box 8618, Ann Arbor, Michigan 48107, EE.UU.

7-16 junio — Erice (Sicilia)
Escuela internacional de cristalografía en biología molecular.
T.L. Blundell, Dept. of cristallography, Birbeck College, Malet Street, Univ. of London, WCIE 7HX, U.K.

8-10 junio — París (Francia)
Primer coloquio sobre sistemas lógicos *(software).*
AFCET, Secrétariat permanent, 156 Bd. Péreire, 75017 Paris.

8-11 junio — Toulouse (Francia)
Simposio internacional «Los materiales utilizados a bordo de los satélites y las sondas espaciales».
CNES, Dept. des affaires universitaires, 18 av. Edouard Belin, 31055 Toulouse Cedex, Francia.

9-11 junio 1982 — París (Francia)
Congreso internacional sobre los autómatas industriales.
AFRI c/o SEPIC, 40, rue du Colisée, 75381 Paris Cedex 08, Francia.

17-19 junio 1982 — Burdeos (Francia)
6.º encuentro nacional sobre los temas «Concepción, realización, imagen-sonido».
Serge Senon, Centro de microscopía electrónica, universidad de Burdeos II, Xona Norte, 146, rue Léo Saignat, 33076 Burdeos Cedex.

27 junio-2 julio — Cambridge (Gran Bretaña)
Conferencia conmemorativa del centenario de Darwin.
Honorary secretary, Darwin Centenary conf., Darwin College Cambridge CB3 9EU, U.K.

27 junio-3 julio — Jaca (Huesca)
IV Curso Escuela de Óptica Cuántica
Aplicaciones industriales y biológicas de los láseres.
Escuela de Óptica Cuántica. Comité Español de Espectroscopía (SEDO). Serrano, 121. Madrid-6.

28 junio-1 julio — Bilbao
Encuentros Relativistas Españoles 1982.
A. Chamorro, Sección de Física. Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, Bilbao.

28 junio - 3 julio 1982 — Las Palmas (Canarias)
Segunda conferencia mundial de matemáticas al servicio del hombre.
SWC M., Ultramar Express, S.A., Diputación 238, Barcelona-7, España.

Junio-julio 1982 — Méjico (Méjico)
Congreso de antropología física en honor de Juan Comas.
Prof. Luis Alberto Vargas, Instituto de investigaciones antropológicas, Ciudad Universitaria, Méjico 20 DF.

Verano 1982 — Les Houches (Francia)
Dos sesiones de la escuela de verano de física teórica:
28 junio - 29 julio

6-9 julio — París (Francia)
1.ª Conferencia internacional de los entomólogos de habla francesa.
Soc. entomologique de France, 45 rue Buffon, 75005 París.

14-18 julio — Chicoutimi (Quebec)
Congreso francófono sobre la ciencia-ficción y lo fantástico.
Gleider Hernández, Dept. des arts et des lettres, Université du Quebec, 930 Est rue Jacques Cartier, Chicoutimi, Quebec, Canadá G7H 2BI.

Agosto 1982 — Bruselas (Bélgica)
3.er Congreso internacional de auxología (crecimiento humano y desarrollo).
Dr. Roland Hauspie, Free University Brussels, Labor. human genetics, Pleinlaan 2, 1050 Bruselas.

2 agosto-10 septiembre
Tendencias actuales en física atómica. Progresos recientes en teoría de campos.
Ecole d'été de physique, Côte des Chavants, 74310 Les Houches, Francia.

15-21 agosto — Perth (Australia)
12° Congreso internacional de bioquímica.
Prof. W.J. Whelan, P.O. Box 016129, Miami, Florida 33101, EE.UU.

30 agosto - 3 septiembre — Toulouse (Francia)
5° Simposio de estadística informatizada.
Compstat 82, Lab. de statistique et probabilités, Unic. Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex, Francia.

2-6 setiembre — Orleans (Francia)
9.º Congreso internacional para el estudio de las lenguas clásicas: el teatro antiguo.
Paul Martin, 441 rue aux Chiens, 45160 Olivet.

5-10 setiembre — Caillac en Quercy (Francia)
Grupo de estudios de química orgánica GECO XXIII.
Prof. Guy Solladie, ENS de Chimie, BP 296/R8 67008 Estrasburgo.

16-2 octubre 1982 — Niza (Francia)
Primer congreso internacional de Paleontología humana.
Prof. Henry de Lumley, 1, rue René Pauhard 75013 París.

14-16 diciembre 1982 — Lyon Villeurbanne (Francia)
Coloquio sobre el análisis electroquímico en línea.
Soc. de chimie industrielle, 28 rue Saint Dominique, 75007 París.

MUNDO CIENTIFICO
LA RECHERCHE, versión en castellano Nº 13

352 **EXTERNAL FERTILIZATION OF HUMAN EGG,** by Jacques Testart.
Since the birth in 1978 of the first human conceived in a «test tube», some fifteen other babies have been likewise born. Can this method be considered as real medical progress? The most recent results enable scientists to establish a comprehensive report.

366 **FRANÇOIS JACOB WAS AWARDED A DOCTORATE HONORIS CAUSA BY THE UNIVERSITY OF BARCELONA**
— **François Jacob's speech**
— **Biography**
— **A review of François Jacob's last book «Le Jeu des possibles»** (p.457)

369 **ARMED ANTIBODIES,** by Pierre Casellas and Pierre Gros.
Cancer cells possess on their surface molecular signals specific to them. Toxins grafted on antibodies which recognize only these signals allow the selective destruction of cancer cells.

372 **ATMOSPHERIC OZONE,** by Christian Muller.
By protecting all of terrestrial life from dangerous ultraviolet rays, ozone constitutes an essential element in the atmosphere. Scientists have thought that the ozone was diminishing due to supersonic aircraft and injections of certain industrial compounds. After ten years of intensive research, what do we now know about the state of ozone?

384 **THE FLIGHT OF INSECTS,** by John S. Pringle.
The humming sound of insects in flight results from the fluttering of their wings at very high frequencies. When did this mechanical property, which is unique in the animal kingdom, appear in the course of evolution, and what are the bases for it?

396 **THE DEATH OF DARWIN BY THE SPANISH PRESS (1882),** by Diego Núñez.
There was a strong reaction to the death of Darwin in the Spanish press, as the large anthology of texts which has been compiled by the author of this article demonstrates.

406 **NEW PETROLEUMS,** by Bernard Tissot.
By the year 2000 heavy oils, bituminous schists and tar sands, which like crude oil derive from fossilized organic matter, may be able to fill the gap between energy supplies and demand.

415 **IS SCIENCE SEXIST?,** by Pierre Thuillier.
Modern science is patriarchal, according to historian B. Easlea. It exalts «masculine» values (intelligence, strength, etc.) at the expense of «feminine» ones.

420 **ELECTRONIC SECRETARIES,** by Najah Naffah.
What will the office of 1985 look like? What machines will it contain and who will be needed to operate them?

424 **AN ORIGIN FOR MODERN MAN,** by Richard Dreiman.
Were the peoples living in the Middle East between 70,000 and 40,000 years ago Neanderthals or modern humans? Different analyses suggest a new interpretation of recent human evolution.

432 **VACCINATION AGAINST MALARIA,** by Luiz Pereira da Silva.
Protection of populations from malaria, due to systematic vaccination, no longer seems impossible.

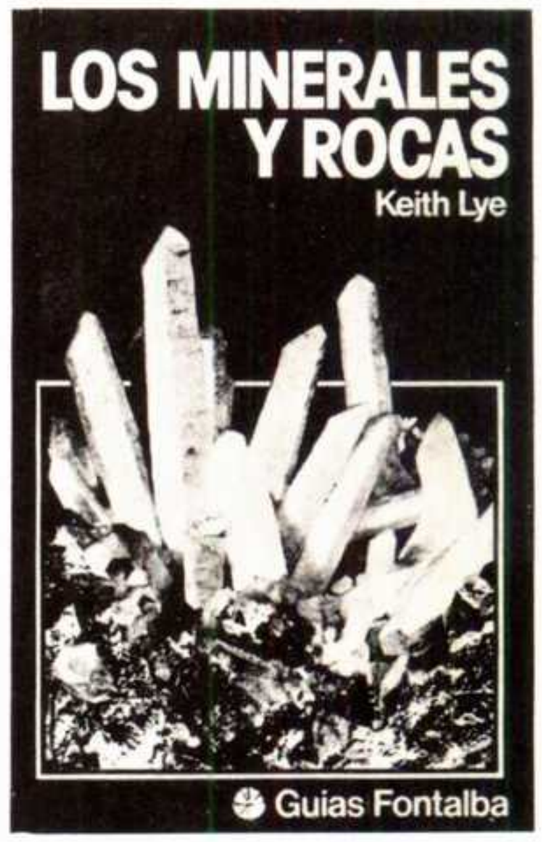
434 **WATCHING AN INTEGRATED CIRCUIT WORK,** by Adrien Georges and Jean-Michel Fournier.
The search for defects in an integrated circuit composed of thousands of elements may seem in vain, but in fact it succeeds.

438 **OPTICAL TELECOMMUNICATIONS,** by Dan Ostrovsky.
Telephone conversations and television images will soon be transmitted by optical fibers. Some twenty years of research in optics and electronics are behind this revolutionary means of communications.

449 **NATIONAL CONFERENCE ON RESEARCH AND TECHNOLOGY,** by Carmina Virgili.
The french scientists have been going through a period of deep reflexion which has resulted in the above-mentioned conference that has just taken place.

LOS MINERALES Y ROCAS

Keith Lye



El lector encontrará en esta guía científica una información cuidadosamente seleccionada sobre las características de los distintos tipos de rocas y minerales existentes en nuestro planeta, además de sus aplicaciones prácticas en el terreno de la joyería.
Una guía exhaustiva de los minerales importantes y otra de las rocas más destacadas completan el material presentado con absoluto rigor y con un estilo sencillo, que facilita su comprensión.

Formato: 13,5 × 20 cm
Páginas: 128 en cartoné
Fotografías e ilustraciones a todo color

P.V.P.: 725 pts.

Pídalo a su librero o contrarreembolso a:

Editorial Fontalba, s.a.

VALENCIA, 359 - 6º 1ª
BARCELONA-9 (ESPAÑA)

BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN

Copie o recorte este cupón y envíelo a:
EDITORIAL FONTALBA, S.A.
Valencia, 359, 6.º - Barcelona-9 (España)

Señores: Deseo suscribirme a la revista **MUNDO CIENTÍFICO,** de periodicidad mensual, al precio de oferta de **3.000 pts.** (3.300 pts. precio-número), por el período de un año (11 números) y renovaciones hasta nuevo aviso, cuyo pago efectuaré mediante:

☐ Domiciliación bancaria

☐ Envío talón bancario por 3.000 pts.

A partir del n.º .....

Nombre _____

Apellidos _____

Profesión _____

Domicilio _____

Población _____ Dist. Postal _____

Provincia _____ Tel. _____

País _____ Fecha _____

Firma,

Para el extranjero, enviar adjunto un cheque en dólares:

	Ordinario	Avión
Europa	45 $	50 $
América	50 $	60 $

(Se recomienda para América el envío aéreo).

DOMICILIACIÓN BANCARIA

Lugar y fecha: _____

_____
(Banco o Caja de Ahorros)

_____ D.P._____
(Domicilio completo de la entidad bancaria)

_____
(N.º de la agencia) (N.º c/c o libreta de ahorro)

Muy Sres. míos:
Ruego a Vds. que, hasta nuevo aviso, abonen a EDITORIAL FONTALBA, S.A., Valencia, 359, 6.º, 1.ª - Barcelona-9 (España), con cargo a mi c/c o libreta de ahorros mencionada, los recibos correspondientes a la suscripción o renovación a la revista **MUNDO CIENTÍFICO.**
Atentamente le saluda:

Fecha _____ Firma,

Titular _____

Domicilio _____

Población _____

_____

NÚMEROS ATRASADOS

Sírvanse enviarme los siguientes números: .....

forma de pago: ☐ talón adjunto (300 ptas. ejemplar)
☐ contrarrembolso (300 ptas. ejemplar más 50 ptas. por gastos de envío expedición)

Nombre: .....

Domicilio: .....

Población ..... D.P. .....

Provincia .....

IV-1982

LA RECHERCHE

COMITÉ CIENTÍFICO
Pierre Gilles de Gennes
Xavier Le Pichon
Maurice Lévy
François Morel
Guy Ourisson
Charles Thibault

DIRECTOR
Claude Cherki

JEFES DE SECCIÓN
Catherine Allais,
Martine Barrère,
Marcel Blanc,
Jean-Claude Hazera,
Patricia Pineau,
Pierre Thuillier.

MUNDO CIENTIFICO

DE EDITORIAL FONTALBA

DIRECTOR
José Gili Casals

DIRECTOR CIENTÍFICO
Jaume Josa i Llorca

REDACCIÓN
Ricard Martí
Pilar Merino
María Torres

PRODUCCIÓN
Joan Oró

PROMOCIÓN EXTERIOR
Adelita Doménech

Han colaborado en el presente número

ASESORAMIENTO Y TRADUCCIÓN:

La fecundación externa del óvulo; Los anticuerpos armados: *Joaquim Ibáñez;* El ozono de la atmósfera: *Javier Romero;* El vuelo de los insectos: *Albert Masó* y *Francesc Español.* Los nuevos petróleos: *Jaume Serrasolsas;* ¿Es sexista la ciencia?: *Bernardo Pardo;* Las secretarias electrónicas; Las telecomunicaciones ópticas: *Teresa Mestre;* Un origen para el hombre moderno: *Miguel Hernández;* La vacunación contra el paludismo: *Joan Serratosa;* Como trabaja un circuito integrado: *Teresa Mestre.*
François Jacob Dr. Honoris causa por la Universidad de Barcelona: *Domènec Bergadà.*

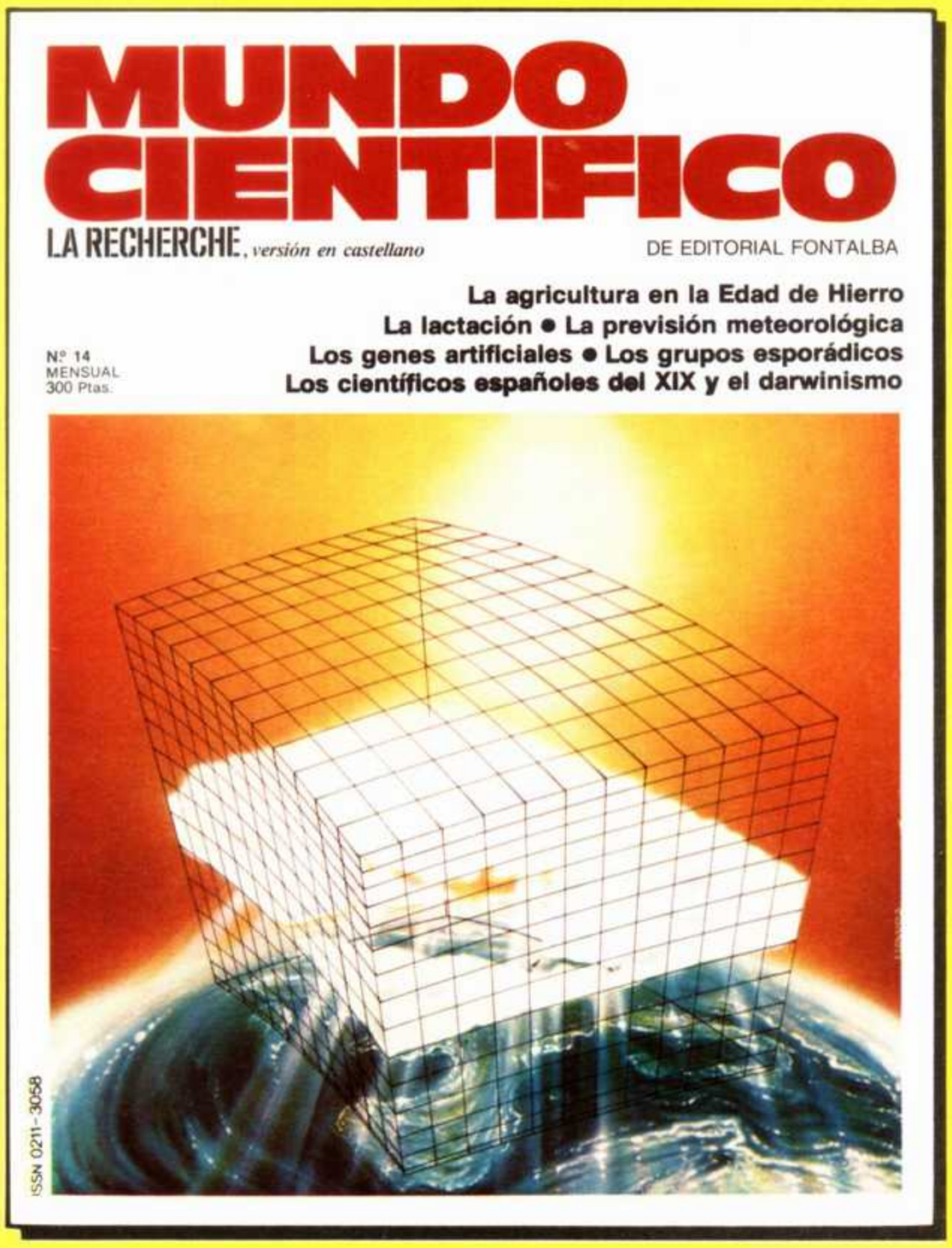
CRÍTICA DE LIBROS:
Antropología de Cataluña en el II Milenio a.C.: *Jaume Bertranpetit y Miguel Hernández.*
Tecnología de aceites y grasas: *Ángel J. García Buendía.*
Métodos de Análisis Multivalente: *Laureano F. Escudero.*

EDITA
EDITORIAL FONTALBA, S.A.
Valencia, 359 - 6.º
Barcelona-9 (España)
Tels. (93) 258 55 07/08
Télex 97835 FON E

Distribución para España: **Marco Ibérica, S.A.** / Exclusiva de Publicidad: **Promedia, S.A.** Av. Príncipe de Asturias, 8 - Entlo., 1.ª - Barcelona-12 - Tels. (93) 218 42 55 - 218 41 71 - **Exmecosa:** Claudio Coello, 20 - Madrid-1 - Tels. (91) 226 89 23 - 276 81 12 / Fotocomposición: **Grafitex** (Barcelona) / Impresión: **Cayfosa** - Sta. Perpetua de Mogoda (Barcelona) España / ISSN 0211-3058 / Depósito Legal: B. 10.896-1981 /

© Société des Editions Scientifiques. 1981 / © Para la lengua española Editorial Fontalba, S.A. 1981 / Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización de los editores.

La revista científica de ámbito internacional



Artículos principales del próximo número:

La agricultura en la Edad de Hierro, por Peter J. Reynolds.

La lactación, por Jack Martinet y Louis-Marie Houdebine.

Los grupos esporádicos, por Francis Buekenhout.

Los genes artificiales, por Robert Téoule.

Los científicos españoles del XIX y el darwinismo, por Josep Cuello.

Las cabinas de mando del futuro, por Patricia Pineau.

La previsión meteorológica, por Jean-François Geleyn, Michel Jarraud y Jean-Pierre Labarthe.

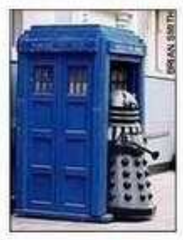
Los oasis del fondo de los océanos, por Robert Hessler, Lucien Laubier.

Y las secciones habituales:

Manifestaciones científicas
Informaciones y noticias
Ciencia y política
Libros
Publicaciones recibidas

ESPACIO DE PUBLICIDAD

EX LIBRIS Scan Digit



The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

https://labibliotecadeldrmoreau.blogspot.com/